Deutscher Bundestag **Drucksache 18/8200**
18. Wahlperiode 20.04.2016

Unterrichtung

durch die Bundesregierung

Bundesbericht Energieforschung 2016

Forschungsförderung für die Energiewende

Zugeleitet mit Schreiben des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie vom 20. April 2016.

Inhalt

1. Forschungsförderung für die Energiewende

Forschung und Technologieentwicklung bilden einen wichtigen Grundstein für die Weiterentwicklung der Gesellschaft. Dies gilt in besonderem Maß für die Energiewende in Deutschland, die sich der gesamtgesellschaftlichen Herausforderung der Neuausrichtung des Energiesystems hin zu einer umweltverträglichen, zuverlässigen und bezahlbaren Energieversorgung stellt. Das Entwickeln neuer Energietechnologien, die gleichermaßen wettbewerbsfähig, effizient und umweltfreundlich sind, ist einer der Schlüssel, um die ehrgeizigen Ziele zu erreichen.

Bis 2050 soll ein ökonomisch und ökologisch nachhaltiges und verlässliches Energiesystem entstehen. Hierfür soll durch mehr Energieeffizienz der Primärenergieverbrauch halbiert werden und der Anteil erneuerbarer Energie am Bruttoendenergieverbrauch auf 60 Prozent steigen. Um das Erreichen dieser Zielvorgabe verbunden mit einer bezahlbaren und zuverlässigen Versorgung zu gewährleisten, sind sowohl innovative Einzeltechnologien als auch neue systemübergreifende Ansätze und Konzepte erforderlich. Die Förderung der Energieforschung ist damit ein strategisches Element der Energiepolitik der Bundesregierung. Für die Unterstützung von Forschung und Entwicklung in Unternehmen, Hochschulen und Forschungseinrichtungen engagieren sich neben den am Energieforschungsprogramm beteiligten Bundesministerien auch die Bundesländer, die eine tragende Rolle in der gesamtstaatlichen Forschungsförderung zur Energiewende einnehmen.

Das 6. Energieforschungsprogramm

Die Ziele für die Förderung von Forschung und Entwicklung für eine zuverlässige und wettbewerbsfähige Energieversorgung schreibt die Bundesregierung in ihrem Energieforschungsprogramm fest. Das aktuelle 6. Energieforschungsprogramm ist konsequent auf die Ziele der Energiewende ausgerichtet. Im Rahmen der langfristig angelegten Förderpolitik des Bundes gewährleistet die gewählte Programmstruktur die notwendige Dynamik und Flexibilität zur Feinjustierung und damit die Grundlagen erfolgreicher Forschungsförderung. Zu den detaillierten Steuerungsmaßnahmen zählen Förderbekanntmachungen und -aufrufe für strategisch wichtige Bereiche. In Beratungsgremien zu übergreifenden Fragen der Energieforschungspolitik, wie der Energiewende-Plattform Forschung und Innovation (BMWi) und dem Forschungsforum Energiewende (BMBF), werden intensive Dialogprozesse zwischen Akteuren entlang der gesamten Innovationskette geführt. Sie werden ergänzt durch die fachspezifischen Forschungsnetzwerke Energie (BMWi) als themenorientierte Instrumente für das Fördern von Transparenz und Austausch zu ausgewählten Förderlinien.

Struktur und beteiligte Ressorts

Die Koordination, die programmatische Ausrichtung und die Weiterentwicklung des Energieforschungsprogramms fallen in den Zuständigkeitsbereich des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi). Für die Umsetzung des 6. Energieforschungsprogramms sind das BMWi, das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) und das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) verantwortlich.

Die Forschungsförderung innerhalb des Energieforschungsprogramms gliedert sich in die energietechnologische Grundlagenforschung einschließlich gesellschaftlicher Aspekte und in die anwendungsorientierte Forschung und Entwicklung. Die beteiligten Bundesressorts decken damit die gesamte förderpolitische Innovationskette ab, um grundlegende Ansätze durch Forschungsförderung in wettbewerbsfähige, bezahlbare, umweltschonende und zuverlässige Lösungen für die Energiewende zu transformieren. Das BMBF ist innerhalb der Bundesregierung alleinig zuständig für die projektorientierte Forschung zur Klärung von Grundlagenfragen in den Bereichen Energieeffizienz, erneuerbare Energien, nukleare Sicherheit, Entsorgung, Strahlenforschung und Fusion. Das BMWi verantwortet die Projektförderung der anwendungsorientierten Forschung, der Entwicklung und der Demonstration im gesamten Themenspektrum der Energieeffizienz und erneuerbaren Energien, insbesondere zu Netzen, Speichern und zur Integration erneuerbarer Energien ins Energiesystem, sowie die Nukleare Sicherheits- und Entsorgungsforschung. Eine Ausnahme davon bildet die Bioenergieforschung, die beim BMEL angesiedelt ist.

Die institutionelle Förderung der Zentren der Helmholtz-Gemeinschaft deutscher Forschungszentren (HGF) mit Ausnahme des Deutschen Zentrums für Luft und Raumfahrt (DLR) sowie die Förderung der Fraunhofer Gesellschaft, der Max-Planck-Gesellschaft und der Leibniz-Gemeinschaft fallen in den Zuständigkeitsbereich des BMBF. Das BMWi ist für die institutionelle Förderung des DLR verantwortlich.

Evaluation der Projektförderung im 6. Energieforschungsprogramm

Die Wirksamkeit der Projektförderung bemisst sich durch den mittelfristigen Transfer der erzielten Forschungsergebnisse in die energiewirtschaftliche Praxis und in marktfähige Anwendungen. Darüber hinaus helfen wissenschaftlich-technische Evaluationen umfassender Förderinitiativen dabei, den Erfolg der getroffenen Maßnahmen zu bewerten und künftige FuE-Aktivitäten zu planen. Daher untersuchen die Fördermittelgeber regelmäßig die Wirksamkeit der von ihnen initiierten Fördermaßnahmen durch Evaluationen und Erfolgskontrollen. Derzeit läuft unter anderem eine vergleichende Erfolgskontrolle zur Forschungsinitiative Energiespeicher der Bundesregierung, weitere Maßnahmen in anderen Themenbereichen sind in Vorbereitung.

Aktivitäten der Bundesregierung außerhalb des Energieforschungsprogramms

Das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) fördert innerhalb des Nationalen Innovationsprogramms Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie (NIP) marktvorbereitende Aktivitäten in Form von Demonstrationsprojekten, Feldtests und Infrastrukturmaßnahmen mit durchschnittlich ca. 50 Millionen Euro jährlich. Diese Förderung durch das BMVI steht komplementär zu den vorwettbewerblichen Fördermaßnahmen des BMWi in diesem Bereich.

Das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) ergänzt die Energieforschung der Bundesregierung durch Förderprogramme zu Forschung und Entwicklung im Bereich des Klima- und Naturschutzes, der Quartiers- und Stadtentwicklung, der Bauforschung sowie des Strahlenschutzes, der Reaktorsicherheit und der nuklearen Ver- und Entsorgung.

Im Rahmen des Programms „Forschung für nachhaltige Entwicklungen“ ergänzt das BMBF seine Forschungsförderung im Energiebereich in verschiedenen Themen. Neben den Leitinitiativen zur Green Economy und zur Zukunftsstadt sind hier Fördermaßnahmen zum Beispiel in den Bereichen energieeffiziente Wasserwirtschaft, wirtschaftsstrategische Rohstoffe, innovative Technologien für Rohstoffeffizienz und stoffliche Nutzung von CO_2 hervorzuheben. Im BMBF-Programm „Vom Material zur Innovation“ werden ebenfalls Beiträge zur Energieforschung geleistet, zum Beispiel im Rahmen der Initiativen Batterie 2020 oder NanoMatFutur. Darüber hinausgehend bestehen technologieoffene Initiativen mit Fokus auf der internationalen Zusammenarbeit oder auf der Förderung kleiner und mittlerer Unternehmen (z. B. KMU-innovativ) sowie weitere Förderformate, wie beispielsweise der Spitzencluster-Wettbewerb, die Forschungscampus-Modelle für öffentlich-private Partnerschaft für Innovationen oder das Zwanzig20-Programm.

Im Förderprogramm „Schaufenster intelligente Energie – Digitale Agenda für die Energiewende“ (SINTEG) des BMWi werden in großflächigen Modellregionen massentaugliche Musterlösungen für eine klimafreundliche, sichere und effiziente Energieversorgung bei hohen Anteilen schwankender Stromerzeugung aus Wind- und Sonnenenergie entwickelt und demonstriert. Im Zentrum stehen dabei das intelligente Vernetzen von Erzeugung und Verbrauch sowie der Einsatz innovativer Netztechnologien und -betriebskonzepte. Im Rahmen des Förderprogramms werden fünf großflächige „Schaufenster“ aufgebaut, um Wissen, Erfahrungen und Aktivitäten systemübergreifend zu bündeln. Das BMWi wird die Schaufensterregionen, an denen sich über 200 Unternehmen und weitere Akteure beteiligen, mit insgesamt bis zu 230 Millionen Euro fördern.

Im Zentralen Innovationsprogramm Mittelstand (ZIM) – einem technologie- und branchenoffenen Förderprogramm für mittelständische Unternehmen und für wirtschaftsnahe Forschungseinrichtungen, die mit diesen zusammenarbeiten – gewährt das BMWi Zuschüsse für anspruchsvolle technologische Forschungs- und Entwicklungsprojekte. Aus dem ZIM gehen zahlreiche neue Produkte, Verfahren oder technische Dienstleistungen auch im Energiebereich hervor.

Mittelentwicklung

Das Engagement der Bundesregierung in der Förderung der Energieforschung ist für das Berichtsjahr 2015 durch die beteiligten Bundesministerien erneut verstärkt worden und setzt damit die positive Entwicklung der vergangenen Jahre fort. Die dafür eingesetzten Mittel lagen 2015 bei 863 Millionen Euro gegenüber 819 Millionen Euro im Vorjahr (vgl. Übersicht in Abbildung 1). Thematischer Schwerpunkt war die Förderung von Forschung und Entwicklung zur Energieeffizienz und zu den erneuerbaren Energien. Rund drei Viertel der Mittel sind in diese strategischen Bereiche geflossen.

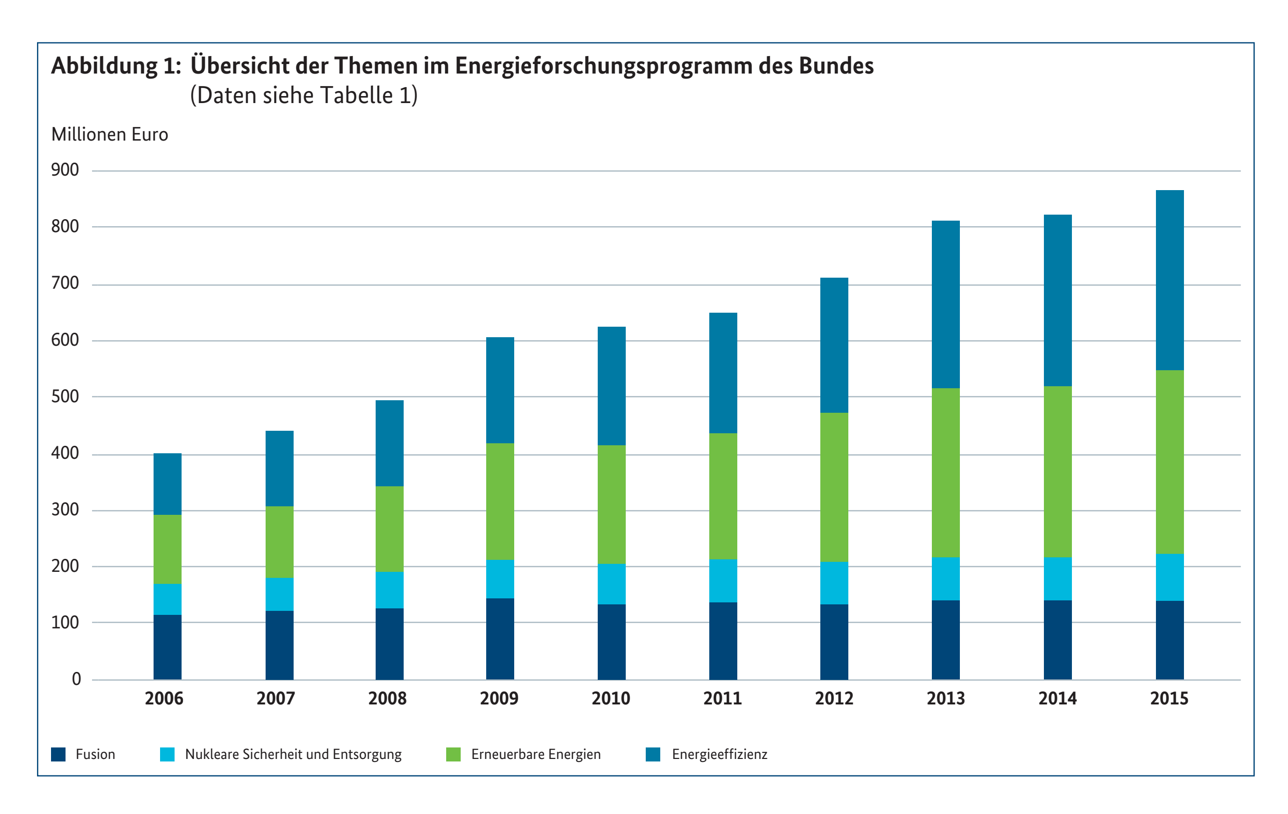


Abbildung 1: Übersicht der Themen im Energieforschungsprogramm des Bundes
(Daten siehe Tabelle 1)

Der Hauptanteil der Fördermittel wurde für die Projektförderung aufgewandt. Diese hatte einen Anteil von 65 Prozent (560 Millionen Euro) gegenüber noch 57 Prozent im Jahr 2011. Bei der staatlichen Unterstützung privatwirtschaftlicher Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten durch die Bundesregierung ist die Projektförderung ein wirkungsvolles und flexibles Instrument, welches hohe Entwicklungsrisiken abfedern und so wichtige Entwicklungen auslösen oder beschleunigen kann.

Die Zahlen zur Projektförderung in diesem Bericht können auch über EnArgus (www.enargus.de), das Informationssystem Energieforschung des BMWi, transparent nachvollzogen werden.

1.1 Systemorientierte Forschungsansätze

Um einen hohen Praxisbezug bei der Förderung von Forschung und Entwicklung zu sichern, setzt die Bundesregierung bei ihren förderpolitischen Maßnahmen verstärkt auf systemorientierte Forschungsansätze. Diese sind ein zentrales Element im 6. Energieforschungsprogramm. Durch systemorientierte Denkweisen können die verschiedenen Handlungsfelder der Energiewende bereits auf Forschungsebene eng miteinander verzahnt werden. Darüber hinaus stellt eine solche Herangehensweise sicher, dass die entwickelten Innovationen und Konzepte sich harmonisch in das Gesamtgefüge des Energiesystems einfügen und eine dynamische, effiziente und zuverlässige Versorgung ermöglichen.

Im Mai 2015 hat sich die „Energiewende-Plattform Forschung und Innovation“ des BMWi konstituiert. Sie ist Bestandteil der 10-Punkte-Energie-Agenda des Ministeriums, die die zentralen Vorhaben zur Umsetzung der Energiewende in dieser Legislaturperiode benennt. Sie bildet ein Dach für die themenspezifischen Forschungsnetzwerke und dient als beratendes Gremium, in dem ein Dialog zu zentralen Fragen der Energieforschung mit wichtigen Akteuren aus Wirtschaft, Wissenschaft, Politik und Gesellschaft geführt wird. Die Plattform soll die vielfältigen Aktivitäten in Forschung und Entwicklung stärker vernetzen und wirkungsvoller gestalten, um so neue Forschungsfelder schneller zu identifizieren und die Markteinführung neuer Energietechnologien und innovativer Verfahren zu beschleunigen.

Bereits seit März 2013 arbeitet die Dialogplattform Forschungsforum Energiewende des BMBF im Zusammenspiel mit dem Projekt „Energiesysteme der Zukunft“ der Deutschen Akademie der Technikwissenschaften (acatech), der Nationalen Akademie der Wissenschaften Leopoldina und der Union der deutschen Akademien der Wissenschaften. Daneben vereint der Koordinierungskreis Forschung die großen Wissenschaftsorganisationen und Vertreter der Hochschulen. Im Dialog aller Akteure aus Wirtschaft, Wissenschaft und Zivilgesellschaft wird das relevante Wissen zu Energiethemen zusammengeführt und die Akteure identifizieren gemeinsam neue Forschungsthemen.

Ressortübergreifende Forschungsinitiativen

Zu den systemorientierten Maßnahmen der Bundesregierung gehören die ressortübergreifenden Forschungsinitiativen Energiespeicher (siehe auch Kapitel Speicher, Seite 18) und „Zukunftsfähige Stromnetze“ (siehe auch Kapitel Netze, Seite 19). Beide Initiativen wurden gemeinsam durch die am Energieforschungsprogramm beteiligten Bundesministerien ins Leben gerufen: das BMWi, das BMBF und bis 2013 auch das BMU, welches bis zur Bundestagswahl 2013 für die anwendungsorientierte Forschungsförderung im Bereich der erneuerbaren Energien zuständig war. Im März 2016 haben das BMWi und das BMBF mit einer gemeinsamen Förderbekanntmachung die Initiative „Solares Bauen/Energieeffiziente Stadt“ gestartet. Sie ist ein Teil der Förderbekanntmachung „Zukunftsstadt“. Die Förderthemen basieren auf den „Expertenempfehlungen des Forschungsnetzwerks Energie in Gebäuden und Quartieren“ und der „Forschungs- und Innovationsagenda (FINA)“ der „Nationalen Plattform Zukunftsstadt“.

Die Forschungsinitiativen ermöglichen die Förderung der gesamten Entwicklungskette, von der grundlagenorientierten Betrachtung bis hin zur anwendungsorientierten Weiterentwicklung technologischer Ansätze und systemanalytischer Konzepte für die spätere Integration in das Energiesystem. Die Bundesregierung erhofft sich aus den Forschungsinitiativen zu diesen beiden strategisch wichtigen Themenbereichen für die Energiewende wertvolle Synergieeffekte auf wissenschaftlicher Ebene und auf der förderpolitischen Ebene durch das Bündeln von Ressourcen.

Forschungsnetzwerke Energie

Forschungsförderung ist ein wichtiges politisches Instrument zur Umsetzung der Energiewende in Deutschland. Ein schneller Transfer der Ergebnisse aus Forschung und Entwicklung in die Praxis ist dabei unverzichtbar. Durch das Gründen der Forschungsnetzwerke Energie hat das BMWi thematische Plattformen für den Austausch zwischen allen beteiligten Akteuren in den jeweiligen Themenfeldern geschaffen und damit die Forderung des 6. Energieforschungsprogramms nach mehr Transparenz umgesetzt. Die Dialog- und Partizipationsnetzwerke unterstützten die Systemorientierung und einen schnellen Transfer in die energiewirtschaftliche Anwendung.

Bereits im Oktober 2014 wurde auf Einladung des BMWi das Forschungsnetzwerk Energie in Gebäuden und Quartieren gegründet. Es bündelt strukturell die Förderinitiativen Energieeffiziente Stadt (EnEff:Stadt), Energieoptimiertes Bauen (EnOB), Thermische Speicher und Niedertemperatur-Solarthermie und hat mittlerweile rund 560 Mitglieder. 2015 haben die Arbeitsgruppen des Forschungsnetzwerks Expertenempfehlungen für künftige Förderstrategien vorgelegt.

Im März 2015 rief das BMWi zudem das Forschungsnetzwerk Energiesystemanalyse ins Leben, um auch in diesem Thema den Austausch zwischen Wissenschaft und Praxis zu intensivieren. Das Netzwerk soll durch einen projekt- und disziplinübergreifenden Dialog zu einem verbesserten Qualitätsmanagement im Sinne der Transparenzerhöhung, Validierung und methodischen Weiterentwicklung beitragen. Insgesamt engagieren sich rund 170 Mitglieder in diesem Austausch zur Systemanalyse.

Das Forschungsnetzwerk Stromnetze fungiert seit Mai 2015 als Schnittstelle für die Akteure aus Wissenschaft, Politik und Praxis zu diesem Forschungsgebiet. Die Arbeitsschwerpunkte der rund 130 Mitglieder verteilen sich auf die Themen Netzstrukturen und Analyse, intelligente Netze sowie neue Technologien und Materialien.

Im Frühjahr 2016 ist der Startschuss für einen weiteren Zusammenschluss gefallen: das Forschungsnetzwerk Erneuerbare Energien, das zunächst insbesondere die Themen Photovoltaik und Windenergie adressiert.

Hinzu kommt der Beirat der COORETEC-Initiative des BMWi. Die Initiative, die für „CO_2-Reduktions-Technologien“ steht, widmet sich dem Fördern von Forschung und Entwicklung zukunftsfähiger Kraftwerke mit fossilen Brennstoffen. COORETEC besteht seit 2004 und unterstützt in vier Arbeitsgruppen die Weiterentwicklung hocheffizienter, flexibler und CO_2-emissionsarmer Kraftwerkstechnologien einschließlich der Entwicklung moderner Turbomaschinen.

Die „Energiewende-Plattform Forschung und Innovation“ des BMWi bildet das Dach für die Forschungsnetzwerke zu ausgewählten förderpolitischen Schwerpunkten und bettet sie in eine übergeordnete Struktur ein.

Der Projektträger Jülich koordiniert die Forschungsnetzwerke im Auftrag des BMWi. Die Netzwerke sind über die Webseite www.forschungsnetzwerk-energie.de zentral erreichbar, diese stellt zudem die netzwerkinterne Kommunikation sicher.

Forschungsforum Energiewende

Das BMBF hat im Jahr 2013 einen umfassenden gesellschaftlichen Dialogprozess im Rahmen des Forschungsforums Energiewende gestartet. Stakeholder der Energiewende aus Wissenschaft, Wirtschaft, Zivilgesellschaft und Politik identifizieren gemeinsam Forschungsthemen und -bedarfe sowie Schlüsselfragen der Energiewende, deren

Bearbeitung für die mittel- und langfristige Transformation des Energiesystems entscheidend ist. Im Ergebnis hat das BMBF 2015 eine Förderbekanntmachung veröffentlicht. Unter Berücksichtigung gesellschaftlicher Aspekte sollen von der Grundlagenforschung ausgehend neue systemische Konzepte für die Energiewende entwickelt werden mit der Perspektive, diese mittelfristig in die großtechnische Anwendung überführen zu können. Mit den Kopernikus-Projekten sollen die Weichen gestellt werden, dass mit Hilfe der Forschung die Basis für ein technologisch exzellentes und wirtschaftlich wettbewerbsfähiges Energiesystem geschaffen werden kann – das zugleich die größtmögliche Akzeptanz in der Gesellschaft findet. Der Zeithorizont der Projekte von bis zu zehn Jahren und die geplante Fördersumme von bis zu 400 Millionen Euro werden der Herausforderung der Energiewende gerecht und eröffnen völlig neue Formen der Kooperation zwischen Wirtschaft, Wissenschaft und Zivilgesellschaft.

Die Projekte werden sich vier zentralen Themen der Energiewende widmen:

1. Der Entwicklung von Stromnetzen, die an einen hohen Anteil erneuerbarer Energien angepasst sind,

2. der Speicherung überschüssiger erneuerbarer Energie durch Umwandlung in andere Energieträger wie z. B. Wasserstoff,

3. der Neuausrichtung von Industrieprozessen auf eine fluktuierende Energieversorgung und

4. der Optimierung des Zusammenspiels verschiedener Sektoren des Energiesystems (Strom, Wärme, Mobilität), um Versorgungssicherheit, Wirtschaftlichkeit und Klimaverträglichkeit sowie Sozialverträglichkeit unter Realbedingungen zu gewährleisten.

1.2 Europäische und internationale Vernetzung

Internationale Zusammenarbeit und ein länderübergreifender wissenschaftlicher Austausch gewinnen für Forschung und Entwicklung stetig an Bedeutung. Dementsprechend ist das europäische und weltweite Vernetzen ein wichtiger Baustein für eine erfolgreiche (nationale) Förderung der Energieforschung. Mit dem Ermutigen multinationaler Projekte und dem Unterstützen von Vorhaben mit einer transnationalen Perspektive kommt die Bundesregierung diesem Anspruch nach. Dabei engagieren sich die am Energieforschungsprogramm beteiligten Ministerien auf vielfältigsten Ebenen für die internationale Zusammenarbeit, sei es innerhalb der Europäischen Union, im Kontext der Internationalen Energieagentur oder in Form von multilateralen Initiativen.

Den strategischen Rahmen für die Förderung von Forschung und Entwicklung im Bereich Energie auf europäischer Ebene schreibt der Europäische Strategieplan für Energietechnologie (Strategic Energy Technology, SET-Plan) der Europäischen Union fest. Der SET-Plan soll den Übergang zu einer wettbewerbsfähigen, CO_2-armen und sicheren Energieversorgung in Europa unterstützen. Er schafft die Basis für eine intensive Zusammenarbeit zwischen den Mitgliedsstaaten, Unternehmen, Forschungseinrichtungen und der EU selbst. Der SET-Plan setzt auf einen integrierten Ansatz, definiert die inhaltlichen Prioritäten für die Förderung und ist die Grundlage der Projektförderung innerhalb von Horizon 2020, dem nunmehr achten Forschungsrahmenprogramm der EU (siehe Kapitel Forschungsrahmenprogramm der Europäischen Union, Seite 37).

Grenzüberschreitende Forschung und Innovation verbessern den Zusammenhalt in Europa und geben neue Impulse für Wohlstand und Wachstum. Ein Beispiel hierfür ist die Umsetzung des SET-Plans durch das **Berliner Modell**. Dabei handelt es sich um ein Verfahren, mit dem gemeinsame bi- und multinationale Forschungsprojekte von Antragsstellern aus mehreren europäischen Ländern im Rahmen nationaler Förderinstrumente gefördert werden können. Die beteiligten Wissenschaftler werden von der jeweiligen Institution in ihrem eigenen Land gefördert.

Unter dem Berliner Modell unterhält das BMWi zum Thema Gebäude eine trilaterale D-A-CH-Kooperation. Auch im Themenbereich Brennstoffzelle werden Verbundprojekte gemeinsam mit Unternehmen und Forschungseinrichtungen aus Österreich und der Schweiz aufgelegt. Aus einer Ausschreibung zu einer deutsch-finnischen Kooperation sind sechs Projekte hervorgegangen, die sich mit Forschungsthemen zur Energieeffizienz in der Industrie sowie der Brennstoffzellentechnologie befassen.

Das BMBF hat 2014 in der Initiative „Förderung der Intensivierung der Zusammenarbeit mit Griechenland: Förderung deutsch-griechischer Forschungsprojekte“ 20 bilaterale Forschungsprojekte gestartet, die 2015 endeten. Die Energieforschung stand mit acht von 20 Projekten im besonderen Fokus dieser deutsch-griechischen Kooperation. In den bilateralen Vorhaben wurden die Themen Photovoltaik, Erzeugung solarer Brennstoffe, Kraftwerkstechnik, Speichertechnologien, biobasierte Energieträger und die europäische Integration nationaler Energieversorgungsnetze untersucht. Es wurden Fördermittel in Höhe von 2,1 Millionen Euro eingesetzt, davon 1,1 Millionen Euro im Jahr 2015. Im Jahr 2016 ist eine zweite Runde für die deutsch-griechische Forschungskooperation geplant. Im Mittelpunkt steht die Energieforschung.

Das BMBF fördert im bilateralen Verbund „German-Canadian Co-operation on Kinetics and mass transport Optimization in PEM fuel cells“ (GECKO) die Optimierung

von Komponenten in Niedertemperatur-PEM-Brennstoffzellen für mobile Anwendungen (siehe Kapitel Brennstoffzellen und Wasserstoff, Seite 15).

Die im Oktober 2015 veröffentlichte China-Strategie des BMBF geht auf den im Jahr zuvor von der deutschen und chinesischen Regierung gemeinsam beschlossenen Aktionsplan „Innovation gemeinsam gestalten!“ zurück, mit dem die strategische Partnerschaft beider Länder im Bereich Forschung und Innovation durch das BMBF auf die gemeinsame politische Agenda gehoben wurde. Die Aktionsfelder der Strategie umfassen insbesondere den Bereich der Energieforschung.

Deutschland nimmt auch durch die Zusammenarbeit mit Schwellen- und Entwicklungsländern bei Forschung und Entwicklung seine internationale Verantwortung bei der Bewältigung globaler Herausforderungen wahr. Im Fokus der 2015 veröffentlichten BMBF-Fördermaßnahme „CLIENT II – Internationale Partnerschaften für nachhaltige Innovationen“ steht daher die Förderung nachfrageorientierter FuE-Kooperationen mit Partnern in ausgewählten Schwellen- und Entwicklungsländern. Prioritäre Themenbereiche sind dabei unter anderem Klimaschutz/Energieeffizienz und nachhaltige Energiesysteme.

Während der deutschen G7-Präsidentschaft fand in Berlin am 8. und 9. Oktober 2015 das dritte G7-Wissenschaftsministertreffen auf Einladung des BMBF statt. Das Thema saubere Energien war eines der zentralen Themen, das die Wissenschaftsminister/-innen diskutierten. Der Forschung kommt in diesem Bereich eine große Bedeutung zu, denn nur durch sie kann die Grundlage für neue Technologien für eine saubere Energieversorgung gelegt werden. Die G7-Wissenschaftsminister beschlossen, ihre Anstrengungen, ihre Zusammenarbeit und die Transparenz im Bereich der Energieforschung zu stärken, um den dringend erforderlichen technischen Fortschritt auf dem Weg zu einer sauberen Energieversorgung zu beschleunigen. Insbesondere sollen Fragen der Einbindung der Zivilgesellschaft und der gesellschaftlichen Akzeptanz Berücksichtigung finden, um möglichst bald neue und gesellschaftlich akzeptierte Technologien für saubere Energien im internationalen Kontext bereitstellen zu können.

Das Thema saubere Energien stand 2015 im Vorfeld der Klimakonferenz COP21 in Paris im Fokus internationaler Absprachen. Am 30. November 2015 wurde die Initiative Mission Innovation zur Eröffnung von COP21 verkündet. Mission Innovation ist eine groß angelegte internationale Initiative mit dem Ziel, die Entwicklung sauberer Energien zu beschleunigen und der Gesellschaft verfügbar zu machen. Dieser Initiative sind 20 Länder beigetreten, darunter die USA, China, Indien, Brasilien, UK, Japan und Frankreich. Die beigetretenen Länder beabsichtigen eine Verdopplung staatlicher Investitionen für Forschung, Entwicklung und Innovation innerhalb von fünf Jahren und einen jährlichen Informationsaustausch, um Transparenz, Kollaboration und Verbreitung von Ergebnissen im Bereich sauberer Energien zu fördern. Einige teilnehmende Länder ordnen auch Kohletechnologien in Verbindung mit der CO_2-Abscheidung und -speicherung und Nuklearenergie sauberen Energietechnologien zu. Die Teilnehmerstaaten entscheiden jedoch auf freiwilliger Basis, in welchen Technologiebereichen sie mit anderen Mitgliedern der Initiative kooperieren. Bundeskanzlerin Merkel hat die gemeinsame Erklärung zu Mission Innovation für Deutschland unterzeichnet. Das BMBF treibt aktiv die Verstetigung der G7-Beschlüsse innerhalb der Mission Innovation voran. Die Diskussionen und Beschlüsse im Rahmen des G7-Wissenschaftsministertreffens sind dabei Wegbereiter für mehr Transparenz und Kooperation in der internationalen Energieforschung.

Internationale Energieagentur

Die Internationale Energieagentur (IEA) ist eine selbständige Organisation innerhalb der OECD mit aktuell 29 Mitgliedsländern. Die IEA widmet sich wichtigen Fragestellungen einer sicheren, umweltverträglichen und wirtschaftlichen Energieversorgung auf globaler Ebene.

Die Aktivitäten im Bereich Forschung und Entwicklung von Energietechnologien werden durch das „Committee on Energy Research and Technology“ (CERT) koordiniert und begleitet, in welchem die Bundesregierung durch das BMWi vertreten ist.

Die **Technology Collaboration Programmes (TCP)** – in der Vergangenheit als **Implementing Agreements** bezeichnet – sind als multilaterale Technologieinitiativen das Hauptinstrument der IEA zur Umsetzung des Technologieprogramms und decken das gesamte energietechnologische Spektrum ab. Deutschland ist aktuell an 24 von insgesamt 39 laufenden TCPs aktiv beteiligt (siehe unten) und verleiht damit den thematischen Schwerpunkten seiner förderpolitischen Maßnahmen eine internationale Komponente.

Das BMWi unterstützt Wissenschaftler von deutschen Forschungseinrichtungen, Hochschulen und Unternehmen bei einer aktiven Mitarbeit in den TCPs zu ihren Themengebieten, um so neue Synergien und Impulse für die Energiewende in Deutschland zu gewinnen und gemeinsame Herausforderungen und Lösungsansätze zu identifizieren.
Ein Beispiel für ein Technology Collaboration Programme mit deutscher Beteiligung ist das „Solar Heating and Cooling Programme“, an dem Wissenschaftler des Fraunhofer-Instituts für Solare Energiesysteme zum Thema „Sustainable Retrofit of Non-residential Buildings“ beteiligt sind.

Als so genannte Contracting Party ist Deutschland aktuell an folgenden 24 Technology Collaboration Programmes der IEA beteiligt: TCP on Advanced Fuel Cells (AFC TCP), TCP on Advanced Motor Fuels (AMF TCP), TCP on Advanced Materials for Transportation (AMT TCP), Bioenergy TCP, TCP on Clean Coal Centre (CCC TCP), TCP on Emissions Reduction in Combustion (Combustion TCP), TCP on Climate Technology Initiative (CTI TCP), TCP on District Heating and Cooling (DHC TCP), TCP on Buildings and Communities (EBC TCP), TCP on Energy Storage (ECES TCP), TCP on Energy Technology Systems Analysis (ETSAP TCP), TCP on Geothermal Energy (Geothermal TCP), TCP on Hybrid Electric Vehicles (HEV TCP), TCP on Heat Pumping Technologies (HPT TCP), TCP on High-Temperature Superconductivity (HTS TCP), Hydrogen TCP, TCP on Industrial Technologies and Systems (IETS TCP), TCP on Smart Grids (ISGAN TCP), TCP on Ocean Energy Systems (OES TCP), TCP on Photovoltaic Power Systems (PPS TCP), TCP on Renewable Energy Technology Deployment (RETD TCP), TCP on Solar Heating and Cooling (SHC TCP), TCP on Concentrated Solar Power (SolarPACES TCP) sowie TCP on Wind Energy (Wind TCP).

1.3 Nationale Vernetzung

An der Energiewende als gesellschaftliche und politische Herausforderung wirkt eine Vielzahl an Akteuren auf den unterschiedlichsten Ebenen mit. Dies gilt auch für das breite Feld der Energieforschung, das eine enge Abstimmung der Bundesförderung und die Zusammenarbeit aller am 6. Energieforschungsprogramm beteiligten Ressorts erfordert. Dazu hat die Bundesregierung die Koordinierungsplattform Energieforschungspolitik eingerichtet, die unter der Leitung des BMWi den ressortübergreifenden Informationsaustausch zum Energieforschungsprogramm sicherstellt. Darüber hinaus erfolgt eine Abstimmung und Koordinierung mit anderen Förderprogrammen, die enge Bezüge zur Energieforschung aufweisen. In diese Abstimmungen können auch weitere Bundesressorts eingebunden sein, wie beispielsweise das BMUB (z.B. Baubereich) oder das BMVI (z.B. Verkehrsbereich).

Neben dem Bund und der EU-Kommission gibt es auch in den Bundesländern eine öffentliche Förderung der Energieforschung. Mit einem Gesamtmittelansatz von 256 Millionen Euro im Jahr 2014 leisten die 16 Landesregierungen damit einen signifikanten Beitrag für Innovationen und die Weiterentwicklung des Energiesystems in Deutschland (siehe Kapitel Forschungsförderung der Bundesländer, Seite 36). Die Abstimmung über aktuelle Trends und Schwerpunkte erfolgt über das jährliche Bund-Länder-Gespräch Energieforschungspolitik, das vom BMWi organisiert und durchgeführt wird.

Mit der Förderinitiative „Forschungscampus – öffentlich-private Partnerschaft für Innovationen“ fördert das BMBF gezielt die standortgebundene Zusammenarbeit von Wissenschaft und Wirtschaft zu einem speziellen Forschungsthema im Rahmen einer langfristigen verbindlichen Partnerschaft. Die beteiligten Unternehmen erhalten Zugang zum aktuellen Forschungsstand und zu den neuesten Technologien des jeweiligen Themengebietes. Die Hochschulen und Forschungseinrichtungen werden für Studenten und Unternehmen attraktiver. Im Energiebereich werden zwei Forschungscampus-Modelle für bis zu 15 Jahre gefördert: FEN – Elektrische Netze der Zukunft, Aachen, und Mobility2Grid, Berlin.

2. Projektförderung

2.1 Energieumwandlung

2.1.1 Photovoltaik

Die Photovoltaik soll zukünftig zusammen mit der Windenergie die Hauptlast der deutschen Stromversorgung übernehmen. Die Kosten hierfür müssen weiterhin reduziert werden, um den Ausbau wirtschaftlich zu ermöglichen. Um das zu erreichen, werden kostengünstige Module mit hohem Wirkungsgrad und langer Lebensdauer benötigt. Das bedeutet, sie müssen so viel Strom wie möglich aus dem vorhandenen Sonnenlicht umwandeln. Grundsätzlich gibt es im Bereich der Photovoltaik unterschiedliche Technologien von Solarzellen. Hierbei werden zum Teil auch verschiedene Halbleitermaterialien eingesetzt. Standard am Markt sind nach wie vor Photovoltaikmodule auf Basis des kristallinen Siliziums. Auf dieser Basis ist nun eine neue, effiziente Technologie entwickelt worden, die so genannte PERC-Technologie. Unternehmen weltweit stellen ihre Produktion darauf um – ein klarer Erfolg von Forschung und Entwicklung insbesondere auch in Deutschland. Bei PERC-Zellen (Passivated Emitter and Rear Cell) sind sowohl die Vorder- als auch die Rückseite sehr gut passiviert. Sie löst den bisherigen Standard ab, die Al-BSF-Zelle (Aluminium-Back-Surface-Field). Die Zellrückseite der Al-BSF-Zelle wird durch eine ganzflächige Aluminiumschicht kontaktiert, die schlechtere Eigenschaften hat als die der PERC-Zellen. Weil PERC-Zellen mit fast den gleichen Maschinen wie Al-BSF-Zellen hergestellt werden, lassen sich ohne umfangreiche Neuinvestitionen geringere Herstellkosten erreichen. Eine weitere etablierte Photovoltaik-Technologie ist die CIGS-Technologie im Bereich der Dünnschicht-Photovoltaik. Diese besitzt ebenfalls ein hohes Potenzial für die kostengünstige Produktion von Strom aus Sonnenlicht. Bei CIGS-Zellen besteht der Halbleiter aus den Elementen Kupfer, Indium, Gallium und Selen statt aus Silizium. Im Vergleich zu einer Zelle aus kristallinem Silizium sind diese Halbleiterschichten knapp hundert Mal dünner.

Aufgrund der oben ausgeführten Entwicklungspotenziale für die deutsche Industrie legt das BMWi den Schwerpunkt seiner Projektförderung auf Technologien zum kristallinen Silizium, zur CIGS-Dünnschichttechnologie und zur Systemtechnik. Dies schließt auch die Beteiligung am europäischen Solar ERA-Net (European Research Area) ein. Die deutsche Photovoltaikindustrie, der Anlagenbau und die Zulieferfirmen sollen bei der Entwicklung innovativer, konkurrenzfähiger Lösungen unterstützt werden und damit einen wesentlichen Beitrag zum Gelingen der Energiewende leisten. Verbundvorhaben zwischen Forschungseinrichtungen und Industrie unter Führung der Unternehmen werden daher favorisiert.

Um im Bereich Photovoltaik insbesondere Standortvorteile aus Forschung und Entwicklung voll auszuschöpfen, wurde 2014 von BMWi und BMBF die Initiative „Forschung und Entwicklung für Photovoltaik“ umgesetzt. Im Februar 2016 hat hierzu ein Statusseminar stattgefunden, auf dem die bisher erreichten Erfolge vorgestellt wurden. Zusammengefasst bilden produktionsnahe Innovationen in der Modultechnik und dem Anlagenbau sowie komplexe systemtechnische Ansätze den inhaltlichen Schwerpunkt der Initiative. Hierdurch sollen Geschäftsmodelle mit Wertschöpfungsketten am Standort Deutschland im Verbund von Industrie und industrienahen Dienstleistungen unterstützt werden. Das BMWi stellte innerhalb der Initiative für neun industriegeführte Verbundvorhaben zusammen 43 Millionen Euro zur Verfügung. Das BMBF stellt für vier Verbundvorhaben insgesamt 8 Millionen Euro bereit.

Im Förderschwerpunkt Photovoltaik sind im Jahr 2015 rund 71,26 Millionen Euro in laufende Vorhaben geflossen, was eine deutliche Steigerung gegenüber dem Vorjahr darstellt (2014: 58,34 Millionen Euro). Waren es 2014 104 neue Projekte mit einem Fördermittelansatz von 73,24 Millionen Euro, konnten 2015 99 neue Forschungsprojekte mit einem Fördermittelansatz von 78,45 Millionen Euro bewilligt werden (vgl. Abbildung 2).

Wesentliche Erfolge der Projektförderung des BMWi im Jahr 2015 sind zwei Weltrekorde. Hierunter fällt der Wirkungsgradrekord von 25,1 Prozent, der dem Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE) innerhalb des Projekts ForTeS gelungen ist. Die Solarzelle mit der neu entwickelten so genannten TOPCon-Beschichtung wandelt mehr als ein Viertel des einfallenden Sonnenlichts in Strom um – und das bei geringen Herstellungskosten. Während dieser Rekord für eine Laborzelle erreicht wurde, wurde eine weitere Spitzenleistung bei einer industriell hergestellten Zelle innerhalb eines weiteren Projekts erreicht: In HELENE, koordiniert durch die SolarWorld Innovations GmbH, erreichten die Wissenschaftler mit der darin weiterentwickelten PERC-Zelle einen Rekordwirkungsgrad von zunächst 21,7 Prozent innerhalb von 2015, dann sogar 22,04 Prozent zu Beginn des Jahres 2016.

Die „Innovationsallianz Photovoltaik“ wurde im Jahr 2010 von BMBF und BMWi (bzw. seinerzeit BMU) mit einem Fördervolumen von 100 Millionen Euro aufgesetzt. Ziel

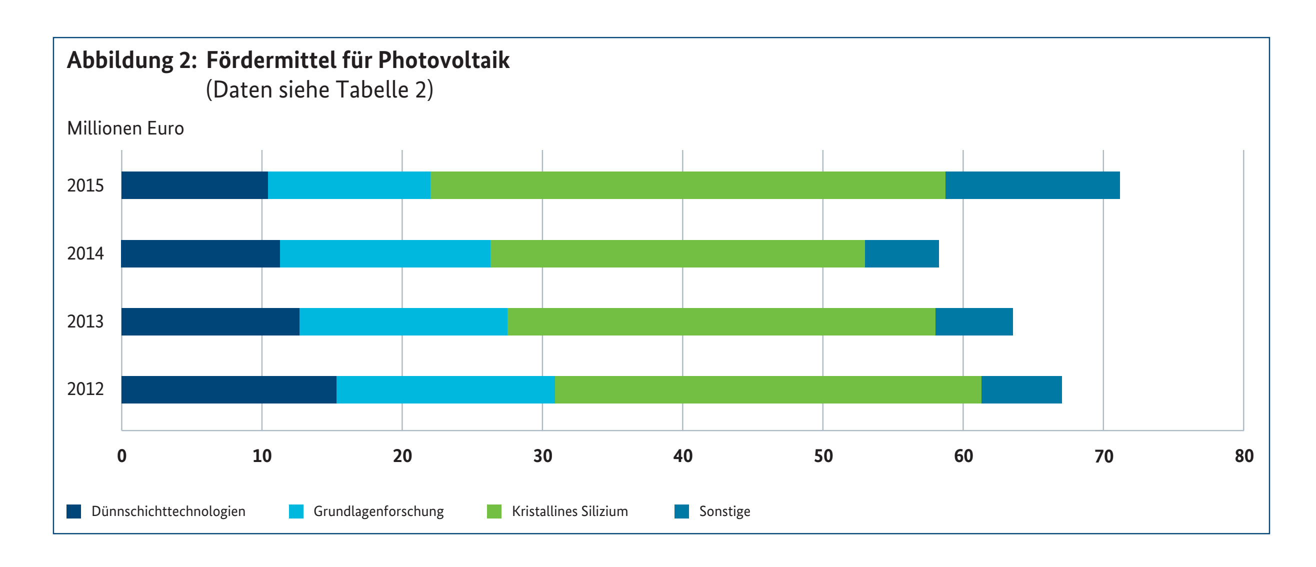


Abbildung 2: Fördermittel für Photovoltaik
(Daten siehe Tabelle 2)

der Initiative war die Stärkung der Wertschöpfungskette der Photovoltaik mit Fokus auf eine spätere industrielle Umsetzung. Dazu haben sich führende Unternehmen und Forschungseinrichtungen der Solarbranche zusammengeschlossen. Durch intensive Forschungs- und Entwicklungsarbeit konnten sie den Innovationsvorsprung der deutschen Solarindustrie ausbauen. Im Bereich der Grundlagenforschung ist ein Highlight das Projekt SISSY zur Nutzung von Synchrotron-Strahlung für die Weiterentwicklung von Dünnschichtsolarzellen. Hier fördert das BMBF ein weltweit einzigartiges Labor an der Berliner Synchrotronquelle BESSY II am Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie. Weitere Erfolge konnten im Projekt Q-Wafer erzielt werden. Es gelang erstmals, Silizium-Wafer bereits vor dem Produktionsprozess im Hinblick auf die zu erwartende Solarzellenqualität zu klassifizieren, um so erhebliche Kosten einsparen zu können. Innerhalb des MWT-plus Projektes wurde die Kombination einer hocheffizienten Silizium-Heterokontaktsolarzelle mit der MWT-Metallisierungsstrategie demonstriert. Mit diesem Konzept können die Abschattungsverluste um bis zu 30 Prozent reduziert und die Effizienz der Solarzelle weiter gesteigert werden.

In der BMBF-Förderbekanntmachung „Materialforschung für die Energiewende“ wurde mit vier Projekten ein neuer Schwerpunkt gelegt, der auf die Entwicklung von Perowskit-Solarzellen ausgerichtet ist. Mit Perowskiten konnten in jüngster Zeit Laborsolarzellen mit Wirkungsgraden bis zu 20 Prozent demonstriert werden. In Zukunft sollte es möglich sein, ganze Module auf der Basis von Perowskiten mit kostengünstigen Verfahren herzustellen.

Maßnahmen außerhalb des Energieforschungsprogramms

Mit der Förderinitiative „Organische Elektronik, insbesondere Organische Leuchtdioden und Organische Photovoltaik“ setzt das BMBF seine Forschungsstrategie fort und unterstützt Forschungseinrichtungen und Unternehmen in Deutschland dabei, der organischen Elektronik den Weg zu erfolgreichen Anwendungen zu ebnen. Organische Solarzellen lassen sich vor allem als so genannte flexible Dünnschichtsolarzellen realisieren. Mit dem Projekt EXPOPV wurde das erste große internationale Architekturprojekt mit der Integration der Solar Trees (Solarbäume) in die Gestaltung des Deutschen Pavillons bei der EXPO 2015 in Mailand realisiert. Durch ihre Flexibilität lassen sich organische Solarzellen in Gebäudehüllen integrieren und unterscheiden sich dadurch deutlich von herkömmlichen Solarmodulen. Darüber hinaus konnte das Projekt LOTsE vor allem in der Fertigung und bei neuen Material- und Zellkonzepten vielversprechende Resultate erzielen. Unter anderem wurde im Zuge des LOTsE-Projektes der Weltrekord für organische Solarzellen mit einem Wirkungsgrad von 13,2 Prozent aufgestellt.

2.1.2 Windenergie

Mit Windkraft kann derzeit insbesondere an Land (onshore) der kostengünstigste Strom aus erneuerbaren Energien erzeugt werden. 2015 war sie Deutschlands erneuerbare Energiequelle Nummer eins – mit weiterem Ausbaupotenzial. Die Onshore-Windenergie ist bereits vergleichsweise weit entwickelt. Die neuen, leistungsfähigeren Anlagen erzeugen trotz höherer Produktionskosten auf die gesamte Lebensdauer umgerechnet kostengünstigeren Strom. Um die Kosten weiter zu reduzieren, stehen größere Rotordurchmesser weiter im Fokus. Diese können eine höhere Zahl an Volllaststunden ermöglichen, wodurch die Stromproduktion planbarer wird. Ein weiterer Entwicklungstrend ist die Modularisierung der Windenergieanlagen, um den Transport an den Einsatzort zu erleichtern beziehungsweise Sondertransporte mit hohem logistischen Aufwand zu umgehen. Im Offshore-Bereich wurden geeignete Schallschutzmaßnahmen entwickelt, die bei der Installation der Fundamente in bis zu 40 Metern Wassertiefe eingesetzt werden können. Aktuell in der Entwicklung sind die

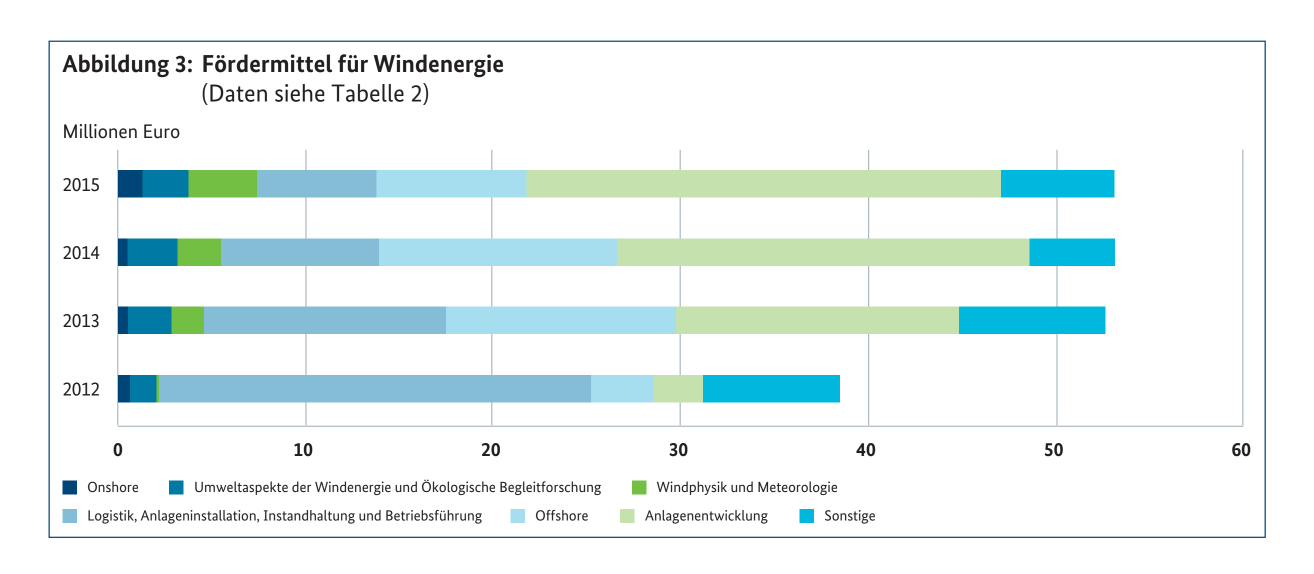


Abbildung 3: Fördermittel für Windenergie
(Daten siehe Tabelle 2)

so genannten Suction Buckets, diese werden auch Saugeimergründungen genannt. Diese neuartigen Gründungen werden schallarm am Boden festgesaugt, nicht eingerammt.

Die Forschungsförderung des BMWi im Bereich Windenergie fokussiert vor allem darauf, den Strom kostengünstiger zu produzieren. Hierfür sollen die Anlagen effizienter und zuverlässiger arbeiten. Der Trend in der Branche geht zu größeren und damit leistungsstärkeren Windenergieanlagen. So lassen sich die hohen Installationskosten verringern und Ressourcen schonen – statt vieler kleiner Anlagen genügen wenige große für die gleiche Leistung. Um die optimale Auslegung von Windenergieanlagen auf dem Land zu ermitteln, werden zudem Onshore-Testfelder geplant. In der „Deutschen Forschungsplattform Wind“ soll auch unter ungünstigen Windbedingungen getestet werden. Die Integration des erzeugten Stroms in die öffentlichen Versorgungsnetze ist ein weiteres Forschungsthema. Außerdem ist es für den Ausbau der Windenergie relevant, die Kenntnisse über die Ressource Wind zu vertiefen, um so die Stromerzeugung besser vorhersagen zu können und zu verstetigen.

Das BMWi hat 2015 im Bereich Windenergie laufende Projekte mit 53,04 Millionen Euro unterstützt. Insgesamt erhöhte sich die Zahl der neu bewilligten Projekte deutlich: Von 63 Projekten im Jahr 2014 mit einem Fördermittelansatz von etwa 38,51 Millionen Euro auf 103 neu bewilligte Projekte im Jahr 2015 mit einem Fördermittelansatz von über 85,39 Millionen Euro (vgl. Abbildung 3).

Ein wesentlicher Erfolg der Projektförderung ist der im Herbst 2015 in Betrieb genommene Gondelprüfstand am Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES) in Bremerhaven. Hier ist eine weltweit einzigartige Prüfeinrichtung entstanden. Komplette Gondeln mit einer Leistung von bis zu acht Megawatt können darin realitätsnah unter Laborbedingungen getestet werden. Der Gondelprüfstand ist das Herzstück eines neu errichteten Prüfzentrums für Gondeln (engl. „nacelle“) namens Dynamic Nacelle Testing Laboratory, kurz DyNaLab.

Das BMBF stärkt die Grundlagenforschung im Bereich der Windenergie durch eine Reihe von Initiativen, in deren Rahmen eine strategische Vernetzung von Infrastrukturmaßnahmen, institutioneller Förderung und Projektförderung vorangetrieben wird. Hervorzuheben ist die Förderinitiative „Materialforschung für die Energiewende“. Eine Herausforderung besteht unter anderem darin, die Lebensdauer von Windenergieanlagen zu erhöhen. In dem Verbundvorhaben LENAH unter Leitung der Leibniz Universität Hannover werden daher die Eigenschaften von Rotorblättern durch den Einsatz von Nanomaterialien verbessert. An der RWTH Aachen ist 2015 mit maßgeblicher Unterstützung des BMBF das Center for Wind Power Drives in Betrieb genommen worden.

2.1.3 Bioenergie

Ein Beitrag des BMEL zur Projektförderung erneuerbarer Energien besteht in Fördermaßnahmen im Rahmen des Förderprogramms „Nachwachsende Rohstoffe“. Die Maßnahmen dieses Förderprogramms umfassen nicht nur Forschungs-, Entwicklungs- und Demonstrationsvorhaben zur energetischen Nutzung nachwachsender Rohstoffe, sondern auch Maßnahmen zu Anbau und Züchtung, zur stofflichen Nutzung, zur internationalen Zusammenarbeit und zum gesellschaftlichen Dialog.

Der Teil der Projektförderung, der der Energieforschung zuzurechnen ist, umfasst daher nur ein Element der Fördermaßnahmen aus dem genannten Programm. Seit dem Jahr 2000 berücksichtigt das Förderprogramm „Nachwachsende Rohstoffe“ die energetische Nutzung von nachwachsenden Rohstoffen und von Rest- und Koppelprodukten der land- und forstwirtschaftlichen Erzeugung. Die heute gültige Fassung des Förderprogramms wurde am 7. Mai 2015 durch das BMEL veröffentlicht.

Im aktuellen Förderprogramm „Nachwachsende Rohstoffe“ des BMEL werden die verschiedenen Nutzungsrichtungen in derzeit zehn Förderschwerpunkten berücksichtigt:

- Züchtung zur Verbesserung der Ertrags- und Qualitätseigenschaften von Rohstoffpflanzen aus landwirtschaftlicher Produktion
- Nachhaltiges Stoffstrom-Management zur optimalen Versorgung von Produktions- und Verarbeitungsanlagen mit biogenen Ressourcen
- Entwicklung von Konzepten für eine nachhaltige Erzeugung und Verwertung nachwachsender Rohstoffe unter besonderer Berücksichtigung der Ressource Wasser
- Stärkung der nachhaltigen Forstwirtschaft zur Sicherung der Waldfunktionen
- Entwicklung innovativer Konversionsverfahren auf der Basis nachwachsender Rohstoffe
- Dezentrale Erzeugung von Wertstoffen in aquatischen Systemen
- Optimierung biogener Reststoffnutzungen und Erschließung von Recycling-Potenzialen
- Entwicklung nachhaltiger und effizienter Wärmeversorgungskonzepte sowie von Bau- und Dämmstoffen für Gebäude unter Verwertung biogener Rohstoffe
- Verarbeitung biogener Rohstoffe zu Zwischen- und insbesondere Endprodukten
- Informationen und gesellschaftlicher Dialog zu Bioökonomie und Nachhaltigkeit

Hinzu kommen zwei Schwerpunkte, die aus Mitteln des Sondervermögens „Energie- und Klimafonds (EKF)“ finanziert werden:

- Bestimmung und Entwicklung von Technologien und Systemen zur Bioenergiegewinnung und -nutzung mit dem Ziel der weiteren Verbesserung von Treibhausgasbilanzen in den Haupteinsatzgebieten Strom, Wärme und Kraftstoffe
- Optimierung der Integration der Bioenergie in regionale und überregionale Energie-(infrastruktur-)systeme (Wärme, Strom, Mobilität) mit dem Ziel der Verbesserung der Systemstabilität und der Energieeffizienz

Seit der Überarbeitung des Förderprogramms „Nachwachsende Rohstoffe“ im Jahr 2008 wurden für die Förderung von Forschungs-, Entwicklungs- und Demonstrationsvorhaben zur energetischen Nutzung nachwachsender Rohstoffe insgesamt 190 Millionen Euro verausgabt. Im Jahre 2015 lag im Bereich des BMEL der Fördermittelansatz der Neubewilligungen bei 30,6 Millionen Euro.

Im Hinblick auf die Netzstabilisierung sowie die Bereitstellung chemischer Energieträger und Ausgangsstoffe für die chemische Industrie wurde die Forschungsförderung im Bereich Bioenergie ab 2011 mit der BMBF-Förderinitiative „BioProFi – Bioenergie – Prozessorientierte Forschung und Innovation“ mit einem Gesamtvolumen von circa 35 Millionen Euro weitergeführt. Die Initiative legt ihre thematischen Schwerpunkte auf die optimierte Nutzung von Reststoffen und die verfahrenstechnische Weiterentwicklung von Biogasanlagen zur Optimierung der lastabhängigen Einspeisung ins Stromnetz. Im Projekt AG-HiPreFer wurde beispielsweise erfolgreich mit dem Aufbau der kontinuierlichen Hochdrucklaboranlage begonnen, welche das Einspeisen von Biomethan in bestehende Ferngasleitungen ohne zusätzlichen externen Energieaufwand für die Verdichtung ermöglichen soll. Weitere Projekte zur Entwicklung von Katalysatoren für ein alternatives Fermentationsverfahren wurden innerhalb der Förderbekanntmachung „Materialforschung für die Energiewende“ gestartet, die eine deutliche Steigerung des Spektrums biotechnologisch produzierbarer Kraftstoffe und Basischemikalien sowie eine wirtschaftlichere Produktion versprechen.

Hinsichtlich der begrenzten Verfügbarkeit von Biomasse werden zudem Verfahren untersucht, um die Biomasseerzeugung mit Algen industriell zu erschließen. Mit dem vom BMBF initiierten Bundesalgenstammtisch existiert eine gemeinsame Plattform für Akteure aus Wissenschaft und Wirtschaft auf dem vielversprechenden Gebiet der Algenbiotechnologie. Das Projekt Advanced Biomass Value entwickelt eine integrierte Verwertungskette von Biomasse in nachhaltige Flugtreib-, Schmier- und Baustoffe auf Basis von Algen und Hefen. Die Vorhaben OptimAL und Albira zielen auf eine wirtschaftliche Produktion von Hochwertprodukten wie Biokerosin oder chemischen Grundstoffen ab. Dies ist besonders wichtig, da Algen keine Konkurrenz zur Nahrungsmittelproduktion bilden.

Im Jahr 2015 wurden durch das BMBF für die Projektförderung im Förderschwerpunkt der biobasierten Energieerzeugung bei 75 laufenden Vorhaben rund 11,72 Millionen Euro aufgewendet (vgl. Abbildung 4).

2.1.4 Tiefe Geothermie

Geothermische Energie leistet einen wichtigen Beitrag zum Energiemix der Zukunft. Sie kann praktisch permanent genutzt werden und so Schwankungen in der Energieversorgung ausgleichen. Darüber hinaus kann die Geothermie einen signifikanten Beitrag zur Wärmebereitstellung leis-

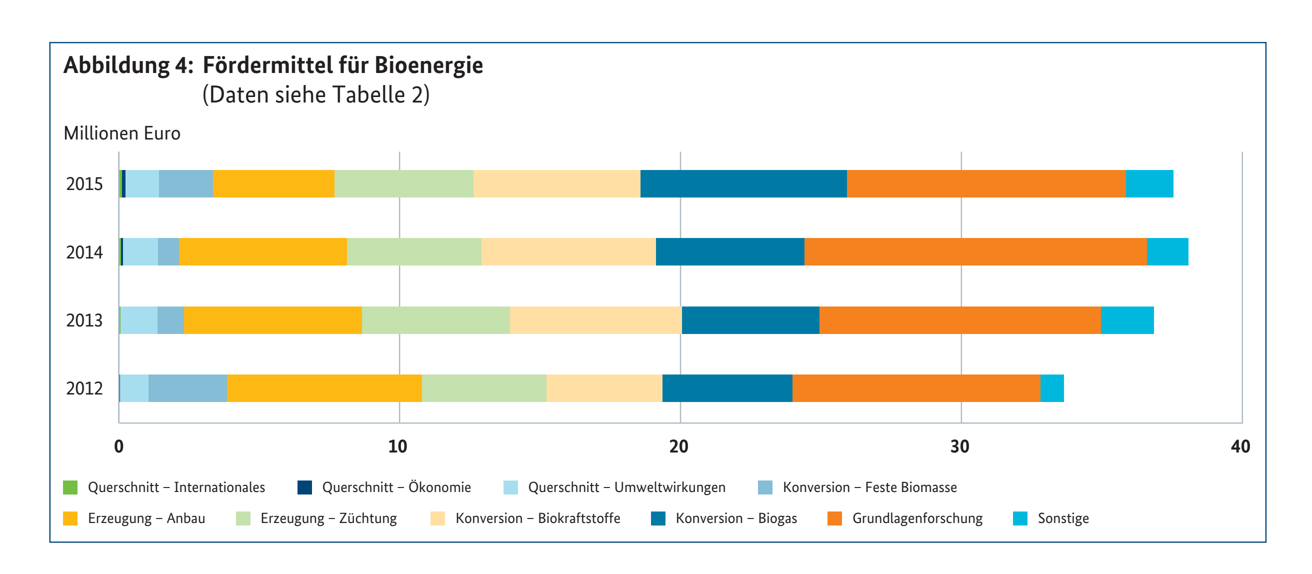


Abbildung 4: Fördermittel für Bioenergie
(Daten siehe Tabelle 2)

ten. In Deutschland wird die tiefe Geothermie aufgrund der geologischen Bedingungen und der vorliegenden Bedarfsstruktur zunehmend dafür genutzt, Wärme bereitzustellen. Privathaushalte, größere Gebäudekomplexe bis hin zu ganzen Quartieren und Städten können auf diese Weise versorgt werden. Geothermische Energie kann außerdem dazu genutzt werden, um über Dampfturbinen Strom zu erzeugen.

Das BMWi fördert Forschungsprojekte auf allen Stufen der geothermischen Energiegewinnung – von der Gebietsanalyse bis hin zu den Bohr- und Aufbauarbeiten sowie dem Test und Betrieb des fertiggestellten Kraftwerks. Neben der weiteren Optimierung der Technikkomponenten verfolgt die Forschungsförderung vor allem das Ziel, die Geothermieanlagen effizienter, wartungsärmer und zuverlässiger zu machen. Das Potenzial der tiefen Geothermie als kontinuierlich nutzbare erneuerbare Energiequelle soll weiter erschlossen werden.

Im Jahr 2015 hat das BMWi für die Projektförderung in der tiefen Geothermie Fördermittel in Höhe von insgesamt 13,38 Millionen Euro für 94 laufende Vorhaben aufgewendet. Zudem hat das Ministerium im Berichtsjahr 21 Vorhaben mit einem Fördermittelansatz von 17,33 Millionen Euro neu bewilligt (vgl. Abbildung 5).

Aufgrund der unterschiedlichen geologischen Gegebenheiten müssen geothermische Anlagen stets individuell geplant und ausgelegt werden. Aus der Projektförderung des BMWi hervorzuheben ist etwa das Projekt GRAME, unter Koordination der Stadtwerke München. Das Ziel ist es, bis 2040 die gesamte Fernwärme der bayerischen Landeshauptstadt aus regenerativen Energien zu gewinnen, ein Großteil davon durch Geothermie. Hierfür planen die Projektpartner unter anderem, ein dreidimensionales Abbild des Untergrunds zu erstellen und darauf aufbauend eine geeignete Erschließungsstrategie zu entwickeln. München befindet sich in der Region des so genannten bayerischen Molassebeckens. Der dortige Untergrund ist besonders geeignet, Erdwärme zu gewinnen. Hier trifft man auf Malm, eine Gesteinsschicht, die durch ihre spezielle Struktur wie ein Grundwasserleiter für heißes Thermalwasser funktioniert. Die Erdwärme unter München ist vorhanden und sie

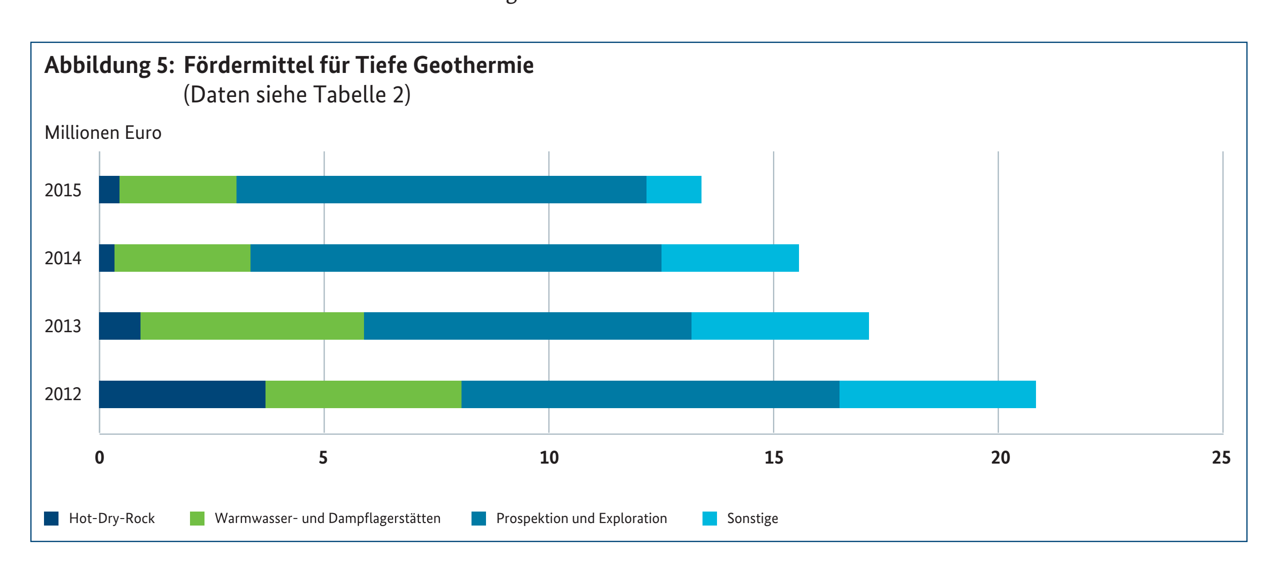


Abbildung 5: Fördermittel für Tiefe Geothermie
(Daten siehe Tabelle 2)

ist prinzipiell förderbar. Aber es gibt noch kein durchgängiges Konzept, an welchen Stellen die Erdwärme am besten gefördert und wie sie in das bestehende Fernwärmenetz integriert werden kann.

2.1.5 Kraftwerkstechnologien

Im Kontext der Energiewende gilt es, konventionelle Kraftwerke durch eine stärkere Flexibilität und die Ertüchtigung zu einem kosten- und ressourceneffizienten Teil- und Mindestlastbetrieb auf eine intelligente Stromerzeugung auszurichten. Für diese flexiblen Betriebsweisen spielen schnelle An- und Abfahrgeschwindigkeiten der Anlagen, genau wie die Einsatzfähigkeit unterschiedlicher Brennstoffe und brennstoffflexibler Verbrennungssysteme, eine wesentliche Rolle. Zudem sind neue Konzepte notwendig, um den Betrieb fossiler Kraftwerke mit Laufzeiten von nur noch wenigen Tausend Volllast- und Teillast-Betriebsstunden im Jahr wirtschaftlich darstellen zu können. Darüber hinaus müssen Gas- und Dampfkraftwerke und deren Komponenten für rasch wechselnde Betriebsweisen optimiert werden, um schnelle Reserven vorhalten zu können. Auf diese Weise können konventionelle Anlagen das schwankende Einspeisen erneuerbarer Energien in das Stromnetz ausgleichen, fehlende Leistung bei Bedarf zuverlässig bereitstellen und eine hohe Versorgungssicherheit gewährleisten.

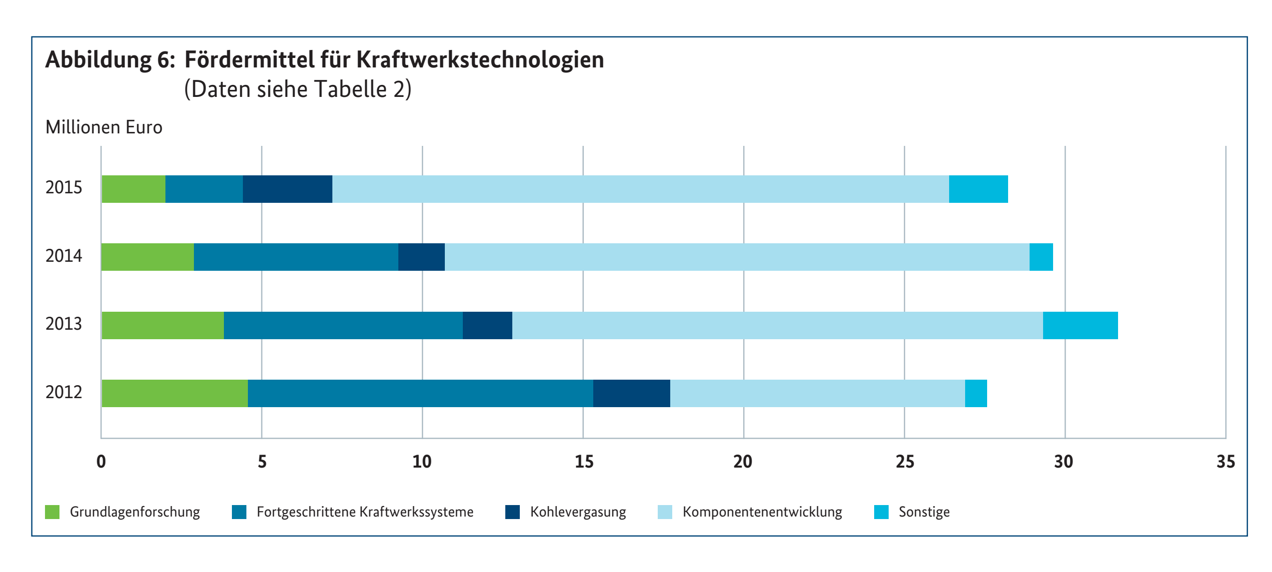
Das BMWi legt den Schwerpunkt seiner Projektförderung daher auf die Flexibilität, Effizienz und Wirtschaftlichkeit von Kraftwerksprozessen, die Entwicklung neuer Materialien und Materialtechnologien sowie auf Forschung zu CCS-Technologien und weitere Maßnahmen zur Emissionsreduktion. Darüber hinaus unterstützt das BMWi Forschungs- und Entwicklungsvorhaben zur Erschließung neuer technologischer Optionen, wie beispielsweise Oxyfuel- und Vergasungssysteme oder Methanisierungsprozesse (Power-to-Gas) und Polygeneration, der kombinierten thermischen und stofflichen Nutzung fossiler Energieträger. Ein weiterer Fokus liegt auf der Förderung der Forschung zur Systemintegration von Kraftwerksprozessen.

Im Jahr 2015 hat das BMWi für die vorwettbewerbliche, anwendungsorientierte Projektförderung von Kraftwerkstechnologien sowie die CO_2-Abscheidung und -speicherung Fördermittel in Höhe von insgesamt 26,23 Millionen Euro für 277 laufende Vorhaben aufgewendet. Zudem hat das Ministerium 105 Vorhaben mit einem Fördermittelansatz von 53,97 Millionen Euro neu bewilligt (vgl. Abbildung 6).

Wesentliche Erfolge der Projektförderung des BMWi im Jahr 2015 sind das Vorhaben „Partner-Dampfkraftwerk für die regenerative Stromerzeugung“, mit dem die Entwicklung flexibler, hocheffizienter thermischer Kraftwerke vorangetrieben wurde, und das Projekt „Clean Energy Center“. Der aus insgesamt 20 Einzelvorhaben bestehende Verbund entwickelte ein hochmodernes Forschungs-, Entwicklungs- und Testzentrum für Gasturbinen-Brenner, das im Februar 2015 den Betrieb aufgenommen hat. Neu gestartet sind zahlreiche Forschungsprojekte zur Flexibilisierung von Kraftwerken, darunter der Verbund Grüne Erde, der dezentrale Gasturbinenanlagen für das Bereitstellen schneller Reserven nutzbar machen will.

Das BMBF greift das Thema Flexibilisierung durch grundlegende Untersuchungen zu den Eigenschaften und dem Verhalten innovativer Materialien unter extremen Bedingungen auf und fördert daher in der Initiative „Materialforschung für die Energiewende“ Projekte zu hochwarmfesten Dampferzeugerwerkstoffen und neuartigen keramischen Materialien für Gasturbinen. Im Jahr 2015 ist mit besonderer Unterstützung des BMBF an der Leibniz Universität Hannover der Bau für ein Technikum realisiert worden. Herzstück ist eine Kompressorstation, die sich durch kürzere Anfahrzeiten, geringere Mindestlasten und schnellere Leistungsänderungen auszeichnet.

Abbildung 6: Fördermittel für Kraftwerkstechnologien
(Daten siehe Tabelle 2)



2.1.6 Brennstoffzellen und Wasserstoff

Die Brennstoffzellentechnologie kann in zweifacher Hinsicht zu den Zielen der Energiewende beitragen. Als effizienter Energiewandler zur Strom- und Wärmeerzeugung dient sie der Senkung des Primärenergiebedarfs. Wasserstoff kann als Speicher eingesetzt und in der Mobilität als Kraftstoff integriert werden. Große Automobilkonzerne arbeiten schon seit Anfang der 1990er Jahre daran, Autos mit Brennstoffzellen anzutreiben. Ohne weitere externe Energiezufuhr, Abgase, Lärm und Verschleiß erzeugen sie aus Sauerstoff und Wasserstoff umweltfreundlich und auf direktem Weg Strom und Wärme – einziges Abfallprodukt ist dabei Wasser. In stationären Anwendungen werden durch die Integration in die Gebäudewärmeversorgung hohe Wirkungsgrade erreicht. In Zukunft soll die Technologie bei der nachhaltigen Energieversorgung eine Schlüsselrolle einnehmen.

Erst die Gewinnung von „grünem“ Wasserstoff aus regenerativem Strom schließt die Lücke der Integration. Hierzu werden die Zellen in umgekehrter Richtung, als Elektrolyseure, betrieben. In Power-to-Gas-Projekten wird der Wasserstoff weiterverarbeitet und als langfristiger Energieträger etwa im Erdgasnetz zur Verfügung gestellt. Für die zum Umbau des Energiesystems benötigten Speichertechnologien können so weitere Beiträge geleistet werden. Elektrolyseure sind mittlerweile für viele Hersteller ein zweites Standbein. Weltweit schreitet die Weiterentwicklung der Brennstoffzellen- und Wasserstofftechnologie voran und neben dem Automobilsektor und der Hausenergieversorgung stehen auch in Sonderanwendungen wie unterbrechungsfreie Stromversorgungsanlagen oder netzferne Stromversorgung einige Hersteller kurz vor dem Eintritt in den Markt.

Seit dem Programmstart des Nationalen Innovationsprogramms Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie (NIP) im Jahr 2008 konnten mehr als 200 Forschungsvorhaben des BMWi erfolgreich umgesetzt werden. Die Entwicklungen in der PEM-, MCFC- und SOFC-Technologie werden dabei gleichberechtigt unterstützt. Das BMVI hat im Rahmen des NIP 188 Projekte zur Demonstration und Marktvorbereitung umgesetzt. Auf der Vollversammlung des NIP Anfang Juni 2015 in Berlin haben BMWi und BMVI den Willen beider Ministerien bekräftigt, das gemeinsame NIP auch über 2016 hinaus fortzusetzen. Derzeit wird unter Federführung des BMVI ein Regierungsprogramm Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie vorbereitet, auf dessen Grundlage die gemeinsamen Aktivitäten im Zeitraum bis 2026 fortgesetzt werden sollen.

Die Projektförderung durch das BMWi belief sich im Bereich Brennstoffzellen- und Wasserstofftechnologien 2015 auf 20,22 Millionen Euro (2014: 24,1 Millionen Euro) für insgesamt 119 Projekte. 42 Projekte mit einem Fördermittelansatz von insgesamt 25,35 Millionen Euro (2014: 21,5 Millionen Euro) wurden neu gestartet (vgl. Abbildung 7).

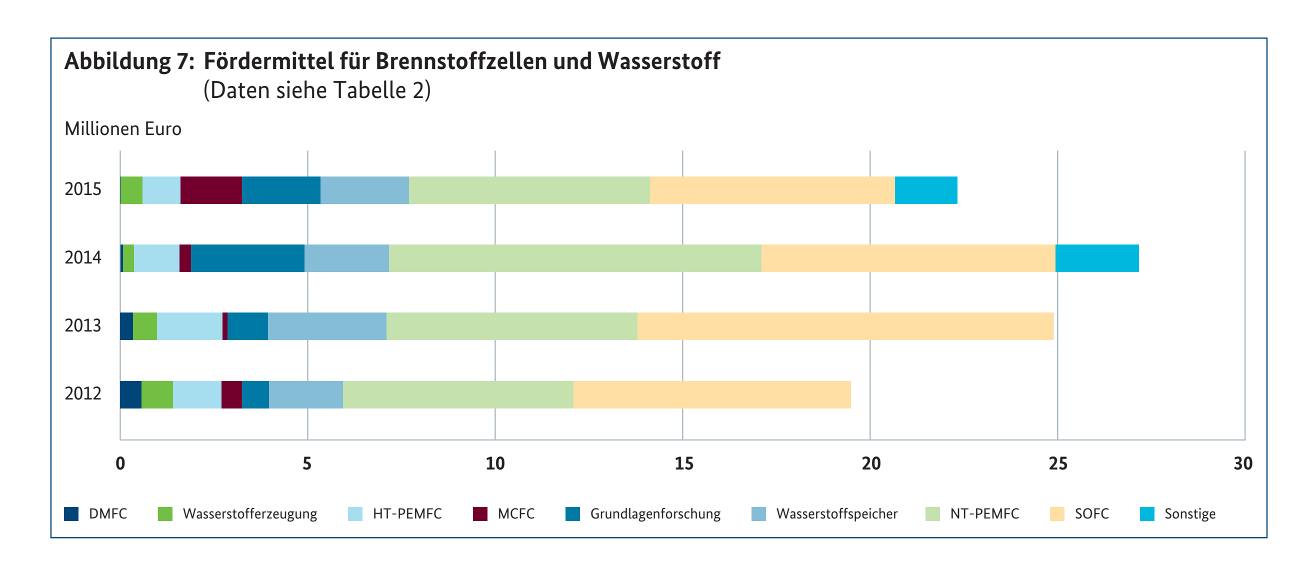
EcoPtG, GreenH2, DruHEly und NestPel sind Beispiele für Projekte zum Thema Elektrolyse, die das BMWi im Jahr 2015 angestoßen hat. Diese widmen sich schwerpunktmäßig der Komponentenentwicklung und ergänzen so komplementär die Förderung zu diesem Thema im Förderschwerpunkt Energiespeicher (siehe auch Kapitel Speicher, Seite 18).

Die Projektförderung des BMBF deckt mehrere vielversprechende Forschungsansätze und Technologien ab. So werden im bilateralen Verbund „German-Canadian Co-operation on Kinetics and mass transport Optimization in PEM fuel cells“ (GECKO) die Komponenten in Niedertemperatur-PEM-Brennstoffzellen für mobile Anwendungen optimiert. Die deutschen und kanadischen Forschungspartner sind weltweit führende Einrichtungen auf dem Gebiet der Brennstoffzellentechnologie. Ein Highlight des Projektes liegt darin, dass ein vereinfachtes Herstellungsverfahren für die Membran-Elektroden-Einheit, einer der Schlüsselkomponenten von Brennstoffzellen, erfolgreich entwickelt wurde.

Im Rahmen der Initiative „Materialforschung für die Energiewende“ soll im Bereich der Brennstoffzellenforschung zum einen der Gehalt von teuren Edelmetallen, insbesondere Platin, reduziert werden. Dies ist ein wichtiger Schritt hin zu wirtschaftlicheren Komponenten für die Breitenanwendung von Brennstoffzellen. Außerdem werden Maßnahmen für die Verbesserung der Langlebigkeit von Brennstoffzellen entwickelt. Erstmals ist im Oktober 2015 am Forschungszentrum Jülich eine Hochtemperatur-Brennstoffzelle mit über acht Jahren Laufzeit (70.000 h) genutzt worden. Dieser Weltrekord soll im BMBF-Projekt SOFC-Degradation noch übertroffen werden.

Das BMBF treibt die Verbesserung der Elektrolysetechnologie gezielt voran. Für den Erfolg der Energiewende sind technologische Grundlagen im Bereich der Elektrolyse dringender denn je erforderlich. Eine wirtschaftliche Wasserspaltung mittels Elektrolyse ist zurzeit sowohl unter Effizienzgesichtspunkten wie Energieeinsatz und Materiallebensdauer als auch wegen fehlender kostengünstiger Katalysatormaterialien nicht realisierbar. Ziel des Clustervorhabens MANGAN ist es daher, das technische Potenzial des Elements Mangan als Katalysator in der Elektrolyse zu bestimmen. Bei Erfolg könnten teure Edelmetallsysteme substituiert werden. Der Cluster verbindet zehn Hochschulen und vier Forschungseinrichtungen sowie ein Industrieunternehmen. Das BMBF fördert den Cluster mit einem Fördermittelansatz von 12,3 Millionen Euro, davon circa 1,3 Millionen Euro im Jahr 2015. Im Mai 2015 fand das Auftakttreffen des Clusters mit 50 Teilnehmern statt.

Abbildung 7: Fördermittel für Brennstoffzellen und Wasserstoff
(Daten siehe Tabelle 2)



Maßnahmen außerhalb des Energieforschungsprogramms

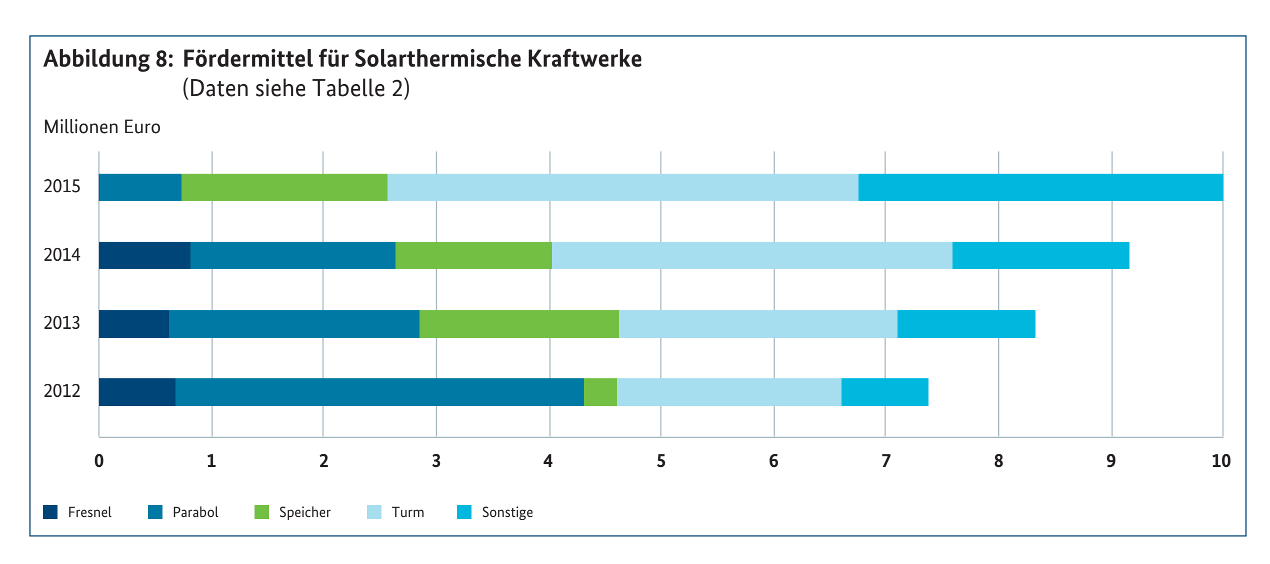
Mit dem von BMVI mit 36 Millionen Euro geförderten Praxistest Callux ist die Markteinführung von Brennstoffzellen-Heizgeräten fürs Eigenheim erfolgreich vorbereitet worden. Die beteiligten drei Hersteller testeten seit September 2008 gemeinsam mit fünf Unternehmen aus der Energiewirtschaft rund 500 Brennstoffzellen-Heizgeräte auf ihre Wirksamkeit. In einem Zeitraum von sieben Jahren konnte die hohe Zuverlässigkeit der Geräte nachgewiesen werden.

2.1.7 Solarthermische Kraftwerke

Solarthermische Kraftwerke bieten generell zwei erhebliche Vorteile gegenüber Photovoltaik und Windenergie. Zum einen kann die Energie bedarfsgerecht produziert werden: Mit dieser Technologie wird vor der eigentlichen Stromproduktion zunächst Wärme gesammelt, welche vergleichsweise einfach zu speichern ist. Zum anderen können die Kraftwerke hybrid betrieben werden. Dabei wird der solarthermische Kraftwerksteil mit einem fossil befeuerten kombiniert. Dadurch lässt sich die Solarisierung der Energieversorgung schrittweise gestalten. Somit haben die solarthermischen Kraftwerke in sonnenreichen Ländern eine hohe Bedeutung für den Wandel der Stromversorgung hin zu einem regenerativen, klimaneutralen System. Den Stand der Technik stellt nach wie vor die Parabolrinnentechnologie mit Thermoöl als Wärmeträgermedium dar. Hierbei wird die Sonne durch parabolförmig gebogene Spiegel auf ein Rohr, den so genannten Receiver, konzentriert, in dem Thermoöl zirkuliert und somit erhitzt wird. Mittelfristig muss jedoch ein Ersatz für das Thermoöl gefunden werden, um die Effizienz der Kraftwerke zu steigern. Neben der Parabolrinnentechnologie gibt es solarthermische Turmkraftwerke. Das Sonnenlicht wird hierbei durch eine Vielzahl aufgeständerter Spiegel auf einen Receiver am oberen Ende eines Turms konzentriert. Der Entwicklungstrend insgesamt geht zu höheren Temperaturen.

In Deutschland produzierte Komponenten solarthermischer Kraftwerke nehmen hinsichtlich Leistung und Qualität eine herausragende Stellung ein. Das BMWi legt

Abbildung 8: Fördermittel für Solarthermische Kraftwerke
(Daten siehe Tabelle 2)



den Schwerpunkt seiner Projektförderung daher darauf, durch Standardisierung und Qualifizierung aller Kraftwerkskomponenten die Wettbewerbsfähigkeit deutscher Unternehmen weiter zu steigern. Bezogen auf die unterschiedlichen Technologievarianten steht aktuell die Einführung von Salzschmelzen als Wärmeträgermedium im Fokus der Forschungsförderung.

Im Jahr 2015 hat das BMWi für Forschung und Entwicklung an solarthermischen Kraftwerken 16 neue Projekte mit einem Fördermittelansatz von 3,76 Millionen Euro bewilligt. In laufende Projekte flossen derweil 10,09 Millionen Euro (vgl. Abbildung 8).

Für das Jahr 2015 ist innerhalb der Projektförderung des BMWi das Projekt Multifokusturm vom Institut für Solarforschung des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) hervorzuheben, das gemeinsam mit dem Land Nordrhein-Westfalen gefördert wird. Hierbei wird der Solarturm in Jülich durch einen zweiten Turm mit insgesamt drei Versuchsebenen ergänzt. Der Turm ist das deutsche Versuchs- und Demonstrationskraftwerk für solarthermische Stromerzeugung – das einzige solarthermische Kraftwerk in Deutschland. Mit der baulichen Erweiterung wird die Grundlage für eine Ausweitung der Forschungstätigkeiten geschaffen. Das BMWi legt dabei besonderen Wert auf die Weiterentwicklung von Kraftwerkskomponenten. Das DLR plant zudem Teststände für die solare Verfahrenstechnik.

2.1.8 Wasserkraft und Meeresenergie

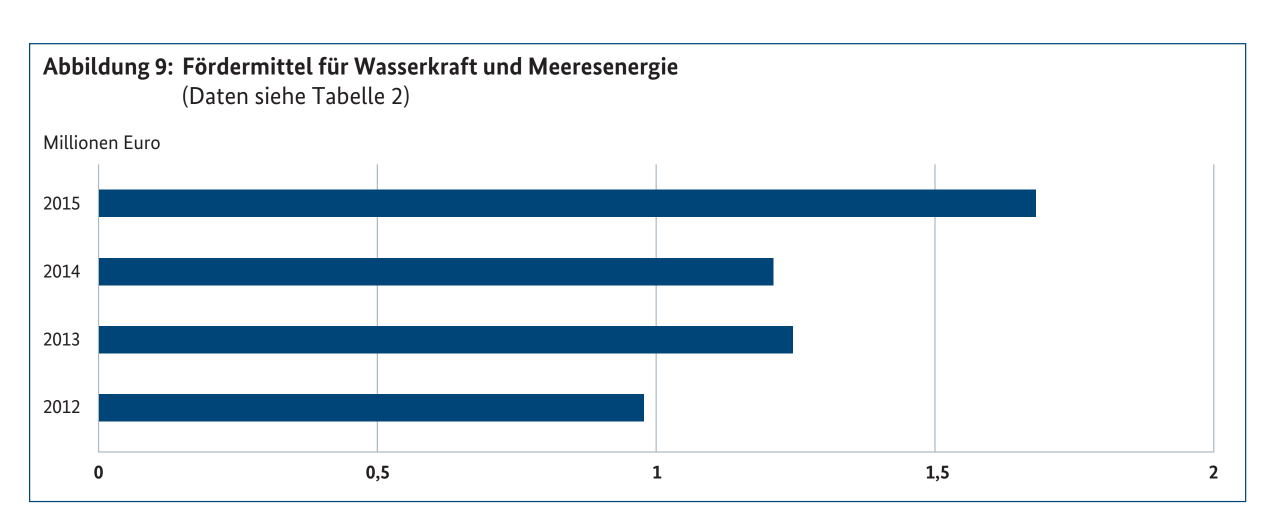
Der Vorteil gegenüber anderen erneuerbaren Energien besteht sowohl bei der Wasserkraft als auch bei der Meeresenergie darin, dass zeitlich konstant Strom bereitgestellt werden kann. Insofern kann er auch sicher vorausgesagt werden. Bei Wasserkraftanlagen handelt es sich um eine etablierte Technologie, die bereits vielerorts – auch in Deutschland – zuverlässig eingesetzt wird. Meeresenergieanlagen sind dagegen noch in der Entwicklungsphase. Um etwa Wellenenergie zu nutzen, wurde bereits eine Vielzahl an Anlagentypen entwickelt. Deren Wirkungsgrad muss jedoch weiter gesteigert werden. Wellenenergie wird im Wesentlichen durch den Wind auf der Wasseroberfläche verursacht. Daneben ist auch Gezeitenenergie nutzbar, die durch die Anziehungskräfte zwischen Meer und Mond beziehungsweise der Sonne entsteht. Auch Gezeitenenergieanlagen werden weltweit mit unterschiedlichen Konzepten im Prototypstadium getestet und optimiert. Bisher sind dabei 150 bis 220 Tonnen schwere Turbinen der 1-Megawatt-Klasse üblich, die über Durchmesser von 13 bis 20 Metern verfügen und starr im Meeresboden verankert sind. Herstellung, Installation und Wartung sind derzeit noch kostenintensiv und aufwendig.

Der Schwerpunkt der Forschungsförderung des BMWi im Bereich Wasserkraft liegt auf der ökologischen Verträglichkeit der Anlagen. Im Bereich Meeresenergie werden Vorhaben mit Demonstrationscharakter gefördert, um das vorhandene Potenzial dieser Technologie zukünftig stärker zu nutzen.

Zu Wasserkraft und Meeresenergie hat das BMWi im Jahr 2015 insgesamt fünf Projekte mit einem Fördermittelansatz von rund 2,33 Millionen Euro neu bewilligt. Gleichzeitig flossen rund 1,68 Millionen Euro in bereits laufende Forschungsvorhaben (vgl. Abbildung 9).

Ein relevantes Projekt, das innerhalb des Jahres 2015 begonnen hat, ist TidalPower unter Koordination von SCHOTTEL HYDRO. Hier wird ein innovatives Konzept für Gezeitenenergieanlagen umgesetzt, das kleine Turbinen mit einer neuartigen Trägerplattform verbindet. Die Turbinen haben einen Durchmesser von nur vier Metern, die Plattform ist an nur einem Fixpunktdrehgelenk am Meeresboden verankert. Dadurch richtet sich die Plattform selbständig nach der Gezeitenströmung aus, auch können die Turbinen in der optimalen Höhe im Wasser angebracht werden. Die Kosten pro installierter Leistung werden so deutlich gesenkt.

Abbildung 9: Fördermittel für Wasserkraft und Meeresenergie
(Daten siehe Tabelle 2)



2.2 Energieverteilung und Energienutzung

2.2.1 Speicher

Das Angebot von Strom und Wärme aus erneuerbaren Energien ist abhängig von äußeren Faktoren wie der Windstärke oder der Sonneneinstrahlung und kann dadurch stark schwanken. Zudem erfolgt das Umwandeln erneuerbarer Energien nicht synchron zum nachgefragten Bedarf, sondern zeitlich und räumlich entkoppelt. Um Versorgungslücken oder -überschüsse zu vermeiden, die die Netze überlasten könnten, und um dem Energiesystem die erforderliche Flexibilität für die Integration erneuerbarer Energien zu geben, sind Energiespeicher notwendig.

Grundsätzlich unterscheidet man zwischen thermischen Speichern für die Wärme- und Kälteversorgung und Stromspeichern beziehungsweise elektrischen Speichern. Thermochemische Speicher (Sorptionsspeicher) sind eine vielversprechende Möglichkeit, um eine ganzjährige Versorgung von Gebäuden und Quartieren zu gewährleisten und den Betrieb künftig zuverlässig und kostengünstig zu gestalten. So kann durch Speicher beispielsweise industrielle Abwärme, die derzeit oftmals ungenutzt bleibt, zeit- und ortsunabhängig vorgehalten werden. Ein Bereich mit viel Potenzial, denn immerhin hat die Wärme beim Gesamtenergieverbrauch den größten Anteil. Die Stärke thermochemischer Wärmespeicher ist zudem ihre hohe und nahezu verlustfreie spezifische Speicherkapazität. Damit haben sich beispielsweise Wissenschaftler des Forschungsverbunds EnErChem beschäftigt und Sorptionsspeicher auf Basis von Zeolith-Kugeln für das Beheizen von Ein- und Mehrfamilienhäusern entwickelt und erprobt.

Stromspeicher können langfristig dazu beitragen, konventionelle Kraftwerke zu ersetzen, indem sie kontinuierlich elektrische Leistung für das Energiesystem bereitstellen. Ein wichtiger Meilenstein für Forschung und Entwicklung in diesem Bereich war die Inbetriebnahme der weltweit größten Wasserstoffanlage im vergangenen Jahr. Seit Sommer 2015 speichert der „Energiepark Mainz“ eine Leistung von bis zu sechs Megawatt erneuerbar erzeugten Stroms und wandelt diesen in Wasserstoff um. Die Forschungs- und Entwicklungsarbeiten hat das BMWi mit rund 9 Millionen Euro innerhalb der Forschungsinitiative Energiespeicher gefördert.

Elektrische Speicher in Form von Batterien erfuhren im Jahr 2015 zahlreiche Markteinführungen in PV-Heimspeichersystemen für Wohngebäude mit Solaranlagen. Ein Angebot, das immer mehr Verbraucher aktiv nachfragen, gerade angesichts der stetig sinkenden Kosten für Photovoltaikanlagen. Die Forschung untersucht deswegen auch die weitere Optimierung der vorhandenen Systeme. Ein wichtiges Projekt in diesem Zusammenhang ist „PV-Nutzen“. Der Verbund hat die volkswirtschaftliche, technische und ökologische Relevanz von PV-Speichern untersucht. Zusätzlich ist für zukünftige Käufer ein kostenloser Rechner entstanden, der dabei hilft, die richtige Speichergröße für Haushalte zu ermitteln.

Grundsätzlich ist die Entwicklung und Reife der verschiedenen Speichertechnologien unterschiedlich weit fortgeschritten und somit sind weitere umfangreiche Forschungs- und Entwicklungsmaßnahmen notwendig. Durch neue technologische und systemische Ansätze, Materialien und Konzepte müssen Kosten gesenkt und die Leistungsfähigkeit, die Lebensdauer und viele weitere Stellschrauben kontinuierlich optimiert werden.

Das BMWi fördert die anwendungsnahe Forschung zu Energiespeichern innerhalb seiner aktuellen Förderbekanntmachung vom Dezember 2014. Der Fokus liegt dabei auf elektrochemischen und thermischen Speichern sowie auf Druckluft- und Schwungradmassenspeichern, aber auch auf übergeordneten Themen, wie beispielsweise dem Lastmanagement. Ein wichtiges Förderthema ist außerdem das Erzeugen und das Speichern von Wasserstoff. Dem wachsenden Interesse verschiedener Hersteller folgend, hat das BMWi im vergangenen Jahr mehrere wegweisende Projekte zu Power-to-Hydrogen und Power-to-X unterstützt.

Zu den Speichertechnologien zählen auch Energiespeicher von Elektrofahrzeugen. Im Sinne einer technologieoffenen Unterstützung fördert das BMWi hierzu gleichermaßen die Energiebereitstellung durch Batterien, durch Brennstoffzellen, wie auch durch Hybride (Batterie, Brennstoffzelle, Verbrennungsmotoren). Dies unterstützt das gemeinsame Ziel der Bundesregierung, Deutschland bis 2020 als Leitmarkt und Leitanbieter für Elektromobilität zu etablieren. Hierzu fördert das BMWi Projekte zur Weiterentwicklung von Batterien und deren Integration ins Fahrzeug sowie Vorhaben zur Integration von Batteriefahrzeugen ins Stromnetz.

Im Bereich der Projektförderung für Forschung und Entwicklung zu Energiespeichern hat die Bundesregierung im Jahr 2015 Fördermittel von rund 61,59 Millionen Euro für 373 Projekte ausgezahlt. 83 Projekte mit einem Fördermittelansatz von rund 60,32 Millionen Euro wurden neu bewilligt (vgl. Abbildung 10).

Forschungscampus Mobility2Grid

Im Verkehrssektor stützt sich die Energiewende maßgeblich auf eine umfassende Elektrifizierung. Der Forschungscampus Mobility2Grid erforscht, wie sich die Batteriekapazität von gewerblichen und privaten Elektrofahrzeugen in dezentrale intelligente Netze integrieren lässt, die auf erneuerbaren Energien basieren. Es werden sowohl grundlegende Technologien als auch Konzepte und Geschäftsmodelle erarbeitet und erprobt. Dazu hat Mobility2Grid ein

„Reallabor“ auf dem EUREF-Campus in Berlin-Schöneberg aufgebaut. Hier werden die im Zusammenspiel zwischen Forschungspartnern und den beteiligten Unternehmen erarbeiteten Konzepte mit realen Nutzern „live“ erforscht und öffentlichkeitswirksam demonstriert. Das BMBF fördert 24 Vorhaben mit 9,9 Millionen Euro. Die erste fünfjährige Hauptphase beginnt am 1. Januar 2016.

Forschungsinitiative Energiespeicher

Mit der Forschungsinitiative Energiespeicher unterstützen BMWi und BMBF 282 Forschungs- und Entwicklungsvorhaben von grundlegenden Arbeiten bis hin zu anwendungsorientierten Demonstrationsprojekten. Ein wichtiger Meilenstein war das 2. Statusseminar der Forschungsinitiative am 22. und 23. April 2015 in Berlin. An den beiden Konferenztagen haben 82 Verbünde ihre wissenschaftlichen Arbeiten zu thermischen, elektrischen und stofflichen Speichern sowie begleitenden Themen in 16 Fachsessions den 277 Teilnehmern präsentiert und diskutiert sowie weitere Kooperationen angestoßen. Ein zentrales Ergebnis ist, dass mittlerweile einige Technologien kurz vor der Markteinführung stehen, die Wirtschaftlichkeit von Stromspeichern aber vor allem stark von den politischen Rahmenbedingungen abhängt. In einigen Technologiefeldern sind weitere FuE-Arbeiten mit dem Ziel der weiteren Kostensenkung erforderlich. Zu den besonders erfolgreichen Projekten der Forschungsinitiative zählen der BMWi-geförderte Energiepark Mainz, mit dem die Speicherung von Überschussstrom aus erneuerbaren Energien durch Elektrolyse und die Einspeisung ins öffentliche Gasnetz ermöglicht wird, sowie der BMBF-geförderte Verbund IES, der die Grundlage für die Vordopplung der Energiedichten in kommerziellen Superkondensatoren gelegt hat, sodass Superkondensatoren als hochdynamische Stromspeicher zur Glättung von Stromschwankungen interessant werden.

Maßnahmen außerhalb des Energieforschungsprogramms

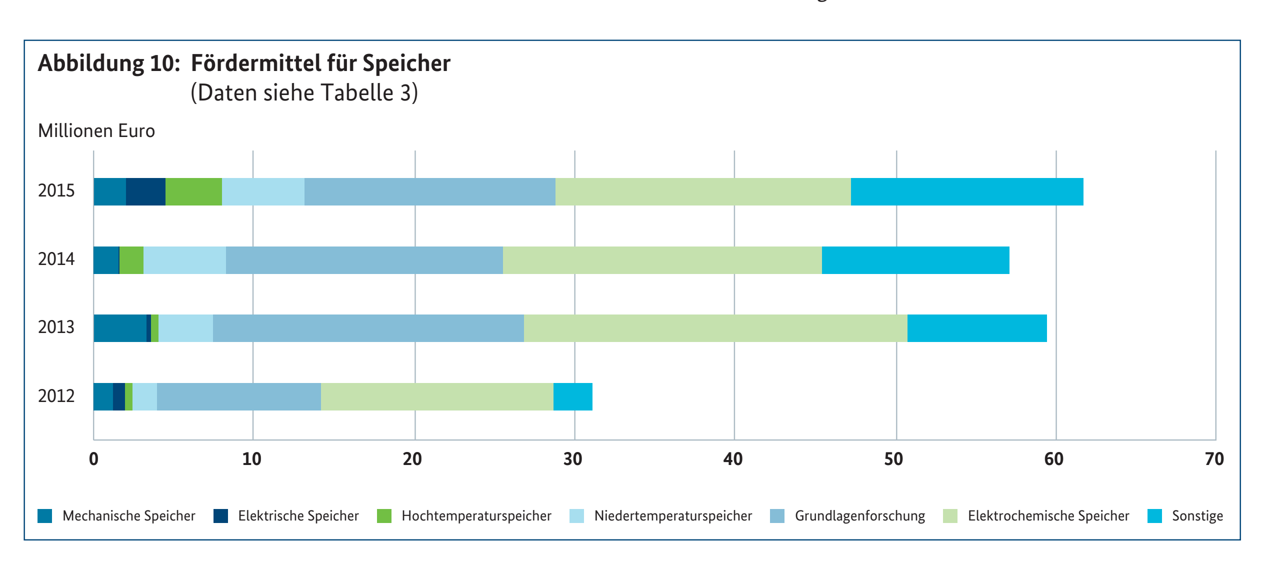
Das BMBF hat seine Strategie zur Erforschung der elektrochemischen Energiespeicherung konsequent weiterentwickelt. Neben der Stärkung der wissenschaftlichen Basis in Deutschland wurde der Technologietransfer in die Industrie weiter gestärkt. Begonnene Maßnahmen wurden erfolgreich fortgeführt und neue Maßnahmen für Batterien sowohl für elektromobile als auch für stationäre Anwendungen auf den Weg gebracht. Neuartige Lithium-Ionen- und Post-Lithium-Systeme (Batterien der Zukunft) sowie Verfahren zur effizienten Produktion von Batteriezellen bilden dabei thematische Schwerpunkte. In 2015 stellte das BMBF für diese Aktivitäten Mittel in Höhe von rund 18,9 Millionen Euro zur Verfügung. Das BMVI hat in 2015 für Demonstrationsprojekte zur Energiespeicherung mit Wasserstoff über 2 Millionen Euro bereitgestellt.

2.2.2 Netze

Eine wesentliche Herausforderung der Energiewende ist die Flexibilisierung der Stromnetze, um auch künftig weiterhin eine hohe Versorgungssicherheit garantieren zu können und zugleich einen hohen Anteil erneuerbarer Energien in das System zu integrieren. Um die künftige Netzinfrastruktur dynamischer, intelligenter, widerstandsfähiger und ressourceneffizienter auszurichten, sind neue Konzepte sowie Innovationen bei den eingesetzten Verfahren und Materialien erforderlich.

Derzeit sind die Verteilnetze noch auf das zentrale Einspeisen von Strom aus konventionellen Kraftwerken ausgelegt. In Zukunft wird allerdings der Hauptanteil durch Erneuerbare-Energien-Anlagen mit fluktuierender Leistung bereitgestellt. Hinzu kommt, dass ein vermehrter Transportbedarf über lange Strecken entsteht, wenn beispielsweise elektrischer Strom aus der vor allem im Norden angesiedelten Windenergie in den Süden Deutschlands verteilt

Abbildung 10: Fördermittel für Speicher
(Daten siehe Tabelle 3)



werden muss. Um dies zu bewerkstelligen, ist ein Aus- und Umbau der Netze auf allen Spannungsebenen erforderlich. Die Technologien für die Verteil- und Übertragungsnetze der Zukunft sind allerdings derzeit noch nicht verfügbar.

Innovationen zu Übertragungs- und Verteilnetzen haben hohe Investitionskosten und sind zudem von langen Vorlauf- und Amortisationszeiten geprägt. Somit ist der Prozess von der Forschungsidee bis zur Implementierung in der Praxis länger als bei anderen Bereichen des Energiesystems. Daher müssen nun die Weichen gestellt werden, um die Netzinfrastruktur auf den Wandel der kommenden Jahrzehnte vorzubereiten.

Das BMWi fördert innerhalb seiner aktuellen Förderbekanntmachung Forschungs-, Entwicklungs- und Demonstrationsprojekte, welche die Stromnetzinfrastruktur flexibler, intelligenter und dynamischer gestalten und diese zuverlässig und kosteneffizient ertüchtigen, hohe Anteile erneuerbarer Energie zu integrieren. Die Förderung umfasst Projekte zu energieeffizienten Netztechnologien, Lösungen für eine intelligente Netzbetriebsführung sowie für eine optimierte Netzplanung. Mit dem Umbau der Stromnetze ist auch die Systemintegration der erneuerbaren Energien eng verbunden. Dementsprechend fördert das BMWi Forschungsprojekte zur Eingliederung erneuerbarer Energien in Stromnetze, zu regenerativen Kombikraftwerken (virtuelle Kraftwerke) sowie zu Prognosen für Verbrauch und Erzeugung.

Auf dem Weg zu neuen Netztechnologien und dem Stromnetz der Zukunft wurde 2015 an zahlreichen Innovationen und neuen Lösungswegen geforscht. So beschäftigt sich das Projekt Netz:Kraft beispielsweise mit der Reaktion auf großflächige Systemausfälle des Stromnetzes. Der Verbund will neue Lösungen für den Netzwiederaufbau entwickeln, die die Strukturen mit einem hohen Anteil Erneuerbarer-Energien-Anlagen berücksichtigen, denn aktuell sind alle Szenarien auf konventionelle Kraftwerke ausgerichtet, die sich bei Bedarf schnell hochfahren lassen. Das künftige Energiesystem hingegen bedarf eines Notfallsystems, das auch mit fluktuierenden Energiequellen funktioniert.

Mit „Green Access“ fördert das BMWi ein Forschungsprojekt, das alternative Lösungen zum kostenintensiven, konventionellen Netzausbau sucht. Die beteiligten Ingenieure und Wissenschaftler wollen Konzepte für eine adaptive Automatisierung des Smart Grids für Mittel- und Niederspannungsnetze entwickeln. Dabei sollen alle Steuerungskomponenten in der Lage sein, selbstständig miteinander zu kommunizieren.

Im Frühjahr 2015 hat das BMWi mit einem Förderaufruf zur Leistungselektronik einen weiteren Impuls gesetzt, der Forschung und Entwicklung im Bereich der Stromnetze intensivieren soll, und damit die Bedeutung dieses Themenkomplexes für den Erfolg der Energiewende unterstrichen. Aus dem Förderaufruf sind zahlreiche Ideen für Forschungsprojekte (Skizzen) hervorgegangen. Die ersten Projekte daraus werden vermutlich im Laufe des Jahres 2016 starten.

Am 12. Mai 2015 fiel auf Initiative des BMWi der Startschuss für das Forschungsnetzwerk Stromnetze (siehe auch Kapitel Systemorientierte Forschungsansätze, Seite 4). Derzeit vereint das Netzwerk rund 130 Vertreter aus Forschung, Industrie, Energiewirtschaft und Politik in mehreren Arbeitsgruppen und ermöglicht den intensiven Austausch der Mitglieder zu allen relevanten Themen des Forschungsbereichs. Zu den Aufgaben des Forschungsnetzwerks gehören auch ein begleitendes Monitoring laufender Vorhaben und Initiativen inklusive der Definition geeigneter Leistungskennzahlen.

Im Jahr 2015 hat die Bundesregierung für die Projektförderung zu Stromnetzen 138 Projekte mit einem Fördermittelansatz von rund 70,43 Millionen Euro neu bewilligt. Zudem sind 456 laufende Projekte mit rund 52,85 Millionen Euro gefördert worden (vgl. Abbildung 11).

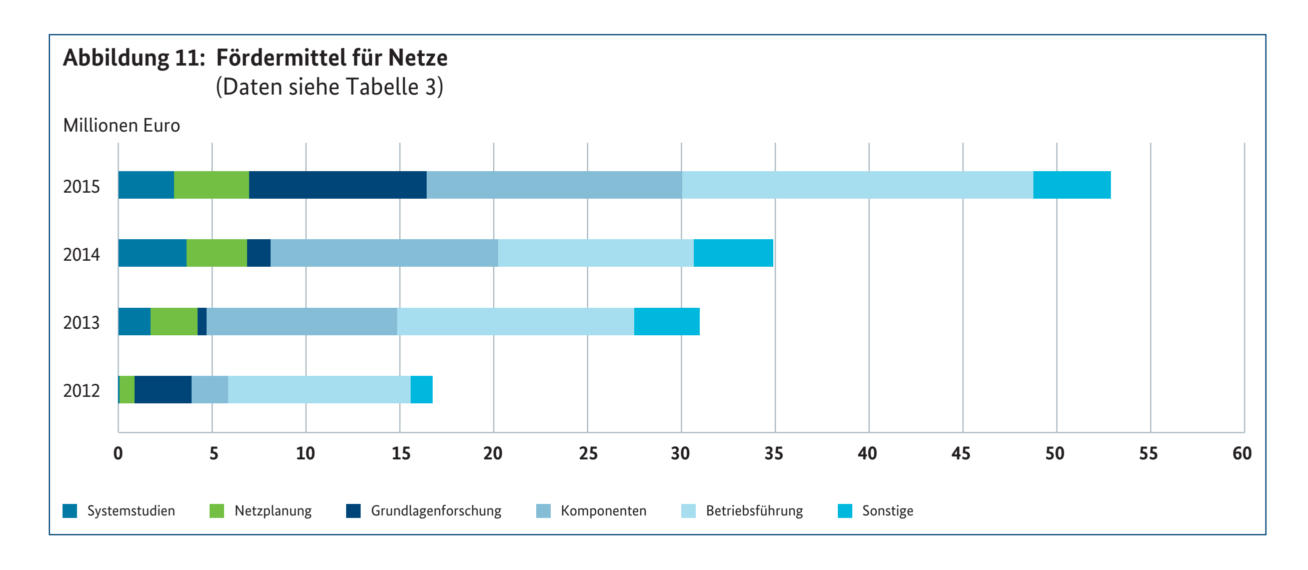
Forschungsinitiative „Zukunftsfähige Stromnetze“

Als Antwort auf die gravierenden Veränderungen, die mit dem angestrebten Umbau des Energieversorgungssystems hin zu den erneuerbaren Energien verbunden sind, hat die Bundesregierung 2013 die ressortübergreifende Forschungsinitiative „Zukunftsfähige Stromnetze“ aufgelegt. Ziel der Initiative ist es, die notwendigen technologischen Voraussetzungen für die Übertragung und Verteilung von elektrischer Energie zu schaffen, um auch künftig eine zuverlässige und bezahlbare, zugleich aber auch umweltverträgliche Stromversorgung sicherstellen zu können.

Insgesamt fördern die beiden Ministerien 300 laufende Forschungsprojekte. Das BMWi unterstützt 236 Projekte mit rund 101 Millionen Euro. Die ersten Verbünde sind im August 2014 gestartet. 2015 haben insgesamt 94 angewandte Forschungsvorhaben innerhalb der Initiative begonnen. Der Fördermittelansatz des BMWi beträgt 34,59 Millionen Euro. Die vom BMWi geförderten Themen und herausragende Projekte (u. a. Netz:Kraft und Green Access) sind oben dargestellt.

Das BMBF hat 2015 zwanzig neue Vorhaben der gemeinsamen Initiative gestartet und fördert 64 Projekte mit insgesamt 32,4 Millionen Euro. Das Spektrum der vom BMBF geförderten Projekte spiegelt dabei die Herausforderungen wider, die sich aus dem fortschreitenden Umbau des Energieversorgungssystems infolge der hohen Zunahme an Einspeisungen aus erneuerbaren Energien ergeben. So sollen beispielsweise innovative Betriebsmittel für effiziente Gleichspannungssysteme entwickelt werden, die

Abbildung 11: Fördermittel für Netze
(Daten siehe Tabelle 3)



hohe Ströme schalten können, gleichzeitig aber auch den abweichenden Anforderungen zur Systemsicherheit und zum Netzschutz genügen. Neue Verfahren der Netzüberwachung und Fehlerdiagnose sollen dazu beitragen, den veränderten und künftig auch bidirektionalen Leistungsflüssen Rechnung zu tragen. Um der zunehmenden Komplexität des Gesamtsystems zu begegnen, werden darüber hinaus neuartige mathematische Ansätze entworfen, mit denen sich auch dynamische Zustandsänderungen im Stromnetz im Hinblick auf Stabilität und Qualität optimal regeln und steuern lassen. Viele Projekte zielen schließlich darauf ab, die vorhandene Netzinfrastruktur optimal auszunutzen und einen möglichst großen Teil des sonst erforderlichen Netzausbaus zu vermeiden.

Seit Februar 2015 ist das Webportal www.forschung-stromnetze.info verfügbar. Das Informationsangebot zielt darauf ab, sowohl Fachleuten als auch der interessierten Öffentlichkeit einen umfassenden Einblick in die aktuellen Forschungsarbeiten zum Netzum- und -ausbau zu gewähren. Im Herbst 2016 wird ein Statusseminar der Forschungsinitiative stattfinden. Dabei werden erste Ergebnisse diskutiert und gemeinsame Herausforderungen sowie übergreifende Fragestellungen im Themenfeld Netze erörtert.

Maßnahmen außerhalb des Energieforschungsprogramms

Das BMBF fördert seit 2014 mit dem Forschungscampus „FEN – Flexible Elektrische Netze“ insgesamt fünf Vorhaben zum Thema Gleichspannungsnetze in der Mittelspannungsebene. In der ersten von drei möglichen Hauptphasen unterstützt das BMBF die Arbeiten mit insgesamt zehn Millionen Euro über eine Laufzeit von fünf Jahren. Mit der Gleichstromtechnik kann der Stromnetzausbau aufgrund des geringeren Materialbedarfs günstiger ausfallen und der Strom effizienter mit geringeren Verlusten übertragen werden. Herausragend ist der Aufbau und Betrieb eines Mittelspannungs-Gleichspannungs-Forschungsnetzes auf dem Campusgelände der RWTH Aachen, das in dieser Form für den Einsatz in der elektrischen Energieversorgung eine absolute Neuheit darstellt. Das Besondere am Forschungscampus-Modell ist die enge Zusammenarbeit von Wissenschaft und Wirtschaft auf einem gemeinsamen Campus.

Im FEN-Konsortium kooperieren insgesamt 15 Institute der RWTH Aachen und zwölf zum Teil internationale Industrieunternehmen aus den Bereichen Komponenten- und Systemhersteller sowie Netzbetreiber zu Fragen der Modellierung und Konzeption, Anlagen- und Netztechnik, Betriebsführung und Automatisierung sowie Risikoabschätzung und -bewertung von Gleichspannungsnetzen. Neben den geförderten Projekten im Mittelspannungsbereich sind auch die Aktivitäten im Niederspannungsbereich Bestandteil des Forschungscampus. Diese werden aus Eigenmitteln der Partner aus über 40 Industrieunternehmen bestritten.

2.2.3 Energieeffizienz in Gebäuden, Quartieren und Städten und Niedertemperatur-Solarthermie

Fast 40 Prozent der in Deutschland eingesetzten Primärenergie entfallen auf die eigenen vier Wände, auf Büros, Schwimmbäder, Schulen etc. Gebäude und Quartiere verwenden Energie zum Heizen und Kühlen sowie für Warmwasser, Beleuchtung und Elektrogeräte. Mit Blick auf die energiepolitischen Ziele der Bundesregierung liegen hier die größten Einsparpotenziale. Hocheffiziente Heizungs- und Kühltechnik und innovative Konzepte zu multifunktionalen Gebäudehüllen sowie zur Integration erneuerbarer Wärme sind ein wichtiger Schlüssel für den Erfolg der Energiewende in Deutschland und können in Demonstrationsprojekten als Modell für eine breite Anwendung dienen.

In Zukunft wird es vor allem darum gehen, innovative Technologien und Konzepte weiter zu optimieren und dabei intelligent miteinander zu vernetzen. Das vom BMWi

initiierte Forschungsnetzwerk Energie in Gebäuden und Quartieren schafft hierfür die notwendigen Synergien, verbindet Akteure sowie Themen und ist damit eine wichtige Schnittstelle zwischen Forschung, Wirtschaft, Politik und Praxis (siehe auch Kapitel Systemorientierte Forschungsansätze, Seite 4). Das Forschungsnetzwerk bündelt die anwendungsorientierten Fördermaßnahmen zur Entwicklung von Energieinnovationen für die Baupraxis. Es dient als offenes Angebot an alle interessierten Fachleute, ihr Wissen und ihre Sichtweise in die Diskussion mit anderen Beteiligten einzubringen. Dazu haben sich erstmals im Frühjahr 2015 mehr als 200 Teilnehmer aus Forschung, Wirtschaft und Politik zur ersten Jahreskonferenz getroffen und in einem offenen Ideenaustausch vielfältige Anregungen für die inhaltliche und strategische Ausgestaltung gegeben. In den dort konstituierten Arbeitsgruppen des Forschungsnetzwerks haben die beteiligten Akteure ein umfassendes Vorschlagskompendium zur Weiterentwicklung von künftigen Förderstrategien erarbeitet und Ende 2015 vorgelegt. Die im Bundesanzeiger veröffentlichte Bekanntmachung zur ressortübergreifenden Förderinitiative „Solares Bauen/Energieeffiziente Stadt“ vom März 2016 greift diese Empfehlungen auf.

Mit dem Forschungsnetzwerk haben die Förderinitiativen Energieoptimiertes Bauen (EnOB), Energieeffiziente Stadt (EnEff:Stadt), Energieeffiziente Wärmeversorgung (EnEff:Wärme) einschließlich thermische Energiespeicher und Niedertemperatur-Solarthermie ein gemeinsames Dach bekommen. Durch diese Bündelung dient das Netzwerk als umfassende forschungspolitische Flankierung der „Energiewende-Plattform Gebäude“ und der „Energieeffizienzstrategie Gebäude“ (ESG) der Bundesregierung.

Die für 2050 gesetzten Ziele der Bundesregierung sehen einen nahezu klimaneutralen Gebäudebestand vor. Dafür muss der Energieverbrauch in Gebäuden künftig weiter gesenkt und gleichzeitig der Ausbau der erneuerbaren Energien vorangetrieben werden. Wie wird Deutschland 2050 wohnen? Die Vision sind Gebäude und Quartiere als intelligent vernetzte Energieeinheiten im Kontext dezentraler Mini-Kraftwerke für eine regional abgestimmte Energieversorgung.

Mit Blick auf die Wärmewende sind moderne, hocheffiziente Heizungstechnik und erneuerbare Wärme unverzichtbar, um die Ziele für den Gebäudebereich umsetzen zu können. Die klassischen Anwendungsfelder der Solarthermie sind die Bereitstellung von Warmwasser sowie der solare Beitrag zur Heizungswärme in Ein- und Mehrfamilienhäusern. Hier hat die Technologie einen hohen technischen Reifegrad erreicht, die Kosten müssen jedoch nach wie vor deutlich reduziert werden. Um die Wärmewende umsetzen zu können, rücken für die Solarthermie nun umfassendere Themen in den Vordergrund von Forschung und Entwicklung: die Integration von Solarthermie in Wärmesysteme, die Solarisierung von Wärmenetzen sowie die Weiterentwicklung von Solaraktivhäusern beziehungsweise Nullenergiehäusern. Bei Solaraktivhäusern werden mindestens 50 Prozent der Heizungsleistung durch solare Wärme abgedeckt, die durch Solarkollektoranlagen gesammelt wird. Nullenergiehäuser haben eine ausgeglichene Energiebilanz: Sie gleichen ihren externen Energiebezug im Jahresmittel durch den eigenen Energiegewinn, etwa durch Solaranlagen, wieder aus.

Ausgehend von der Vision einer CO_2-neutralen, energie- und ressourceneffizienten, klimaangepassten, wandlungsfähigen und lebenswerten Stadt der Zukunft hat die Bundesregierung im Rahmen ihrer Hightech-Strategie die „Nationale Plattform Zukunftsstadt“ (NPZ) ins Leben gerufen und das BMBF einen Agenda-Prozess initiiert, der relevante Stakeholder für diese innovationspolitische Mission zusammenführte. Die aus dem Agenda-Prozess hervorgegangene „Strategische Forschungs- und Innovationsagenda Zukunftsstadt“ (FINA) liefert eine Grundlage für die Forschungsfragen der Ressorts auf Bundes- und Länderebene. Erkenntnisse daraus überträgt die durch das BMBF und das BMUB gegründete Innovationsplattform Zukunftsstadt (IPZ) seit 2015 in die kommunale Praxis. Zudem bildet die FINA eine weitere Basis für die ressortübergreifende Forschungsinitiative „Solares Bauen/Energieeffiziente Stadt“. Sie ist ein Beitrag der Energieforschung zur neuen Hightech-Strategie der Bundesregierung und zur Dachbekanntmachung „Zukunftsstadt“ des BMBF.

Das verfügbare Potenzial durch den intelligenten Einsatz und die Vernetzung neuer Technologien systematisch zu nutzen und weiter auszubauen, ist das Ziel der vom BMWi geförderten Forschungsinitiativen EnEff:Stadt und EnEff:Wärme. Die Forschungsinitiative Energieoptimiertes Bauen (EnOB) hat ihren Fokus auf der Realisierung energieoptimierter, nachhaltiger, funktionaler, behaglicher und architektonisch wertvoller Gebäude zu vertretbaren Investitions- und Betriebskosten. Auf internationaler Ebene werden die D-A-CH-Kooperation sowie die aktive Beteiligung in den IEA-Programmen fortgesetzt und die bisherigen Bemühungen zur Implementierung eines europäischen Wettbewerbes auf Basis des Solar Decathlon intensiviert.

Der Themenbereich Niedertemperatur-Solarthermie gliedert sich in die Gesamtstrategie des BMWi zur Forschung und Entwicklung zur Energieeffizienz in Gebäuden, Quartieren und Städten ein.

Eines der vielversprechendsten Konzepte, um den von der Europäischen Union geforderten Fast-Nullenergie-Standard zu erreichen, ist das SolarAktivHaus in Freiberg oder auch das Niedrigst-Energie-Hotel in München – hier wird mit erneuerbaren Energien und Wärmerückgewinnung geheizt und gekühlt. Im Projekt HeizSolar wurde das Konzept des SolarAktivHauses in den Anwendungen Ein- und Mehr-

familienhäuser sowie Bürogebäude erstmals detailliert wissenschaftlich analysiert und über einen Zeitraum von dreieinhalb Jahren vermessen. Als Ergebnis konnten Kostenoptimierungsmaßnahmen etwa hinsichtlich des benötigten Speichervolumens oder der Kollektorfläche errechnet werden.

Beim Neubau, der Sanierung oder auch im laufenden Gebäudebetrieb gewinnt zudem der Einsatz moderner Planungswerkzeuge in der Branche immer mehr an Bedeutung. Hier gibt es spezialisierte Software und Tools sowie innovative Ansätze für die Gebäude- und Anlagensimulation. Das BMWi unterstützt die Forschung und Entwicklung zu Planwerkzeugen unter anderem im Förderschwerpunkt „EnTool". Die Demonstrationsvorhaben „Stadtquartier Neckarpark" und „Technologie- und Forschungspark Adlershof" stehen exemplarisch für die Erforschung effizienter wirtschaftlicher und sicherer Energieversorgung in Siedlungsräumen.

Für den Bereich Energieoptimierte Gebäude und Quartiere hat die Bundesregierung im Jahr 2015 insgesamt 153 neue Projekte mit einem Fördermittelansatz von insgesamt 67,29 Millionen Euro (2014: 47,19 Millionen Euro) bewilligt. Für laufende Vorhaben wurden innerhalb des Jahres 2015 54,86 Millionen Euro (2014: 60,55 Millionen Euro) aufgewendet (vgl. Abbildung 12).

Ergänzend zu den übergreifenden Konzepten des Wettbewerbs „Energieeffiziente Stadt" (s.u.) fördert das BMBF im Rahmen der Initiative „Materialforschung für die Energiewende" auch Innovationen auf der Materialebene. So werden zum Beispiel im Forschungsverbund „CA-Flammschutz" drängende Fragen bezüglich des Brandschutzes bei modernen Wärmedämmungen adressiert. Das Projekt entwickelt ein hochwirksames Flammschutzsystem für den Biokunststoff Celluloseacetat (CA) zum Einsatz in Schaumwaren.

Einbindung in übergreifende Maßnahmen außerhalb des Energieforschungsprogramms

Nachhaltige Stadtentwicklungskonzepte bilden ein entscheidendes Element der nationalen Klimaschutzpolitik. Ein Forschungsschwerpunkt ist hierbei die nachhaltige Energieversorgung und -nutzung. Im **Wettbewerb Energieeffiziente Stadt** wird das Ziel verfolgt, unter Einsatz neuartiger Technologien und Energiedienstleistungen innovative Prozesse zur Steigerung der Energieeffizienz in Kommunen zu initiieren. Im Vordergrund steht deren systematische Anwendung und Einbindung in bestehende Strukturen. Anhand der Analyse der Vorgehensweisen in Beispielstädten werden effektive Strategien und Maßnahmen identifiziert. Es sollen übertragbare Planungshilfsmittel für die kommunale Praxis in anderen Städten abgeleitet werden und Innovationen für Wirtschaft und Gesellschaft vorangetrieben werden.

Das BMBF fördert hierzu seit 2012 fünf Verbundprojekte zur praktischen Umsetzung dieser Planungen in den Städten Delitzsch, Essen, Magdeburg, Stuttgart und Wolfhagen. Den Forschungsverbünden steht ein Begleitprojekt zur Seite, welches die Wirksamkeit der Maßnahmen und deren Übertragbarkeit untersucht sowie aktiv Vernetzungsaktivitäten zwischen den Städten und weiteren Partnern unterstützt. Die gewonnenen Erkenntnisse und erzielten Ergebnisse werden durch die Begleitforschung gesammelt, ausgewertet und durch die „Publikationsserie des Wettbewerbs Energieeffiziente Stadt" der Öffentlichkeit zur Verfügung gestellt. Auf diese Weise können Kommunen weit über die Grenzen der Gewinnerstädte hinaus von den geförderten Aktivitäten profitieren.

Für die Stadt Essen hat sich die erfolgreiche Arbeit und große Sichtbarkeit des im „Wettbewerb Energieeffiziente Stadt" geförderten Projekts „Klima-Initiative Essen" bereits ausgezahlt. Sie konnte verschiedene Aktivitäten zum Klimaschutz bündeln und erfolgreich unter einer Dachmarke, der „klima|werk|stadt|essen", bündeln. Dieses Konzept hat im Juni 2015 auch eine Jury der Europäischen Kommission überzeugt. Sie hat der Stadt Essen nach einem mehrstufigen Auswahlverfahren den Titel „Grüne Hauptstadt Europas 2017" verliehen. Hiermit wird das Engagement der Stadt Essen für hohe Umweltstandards und fortlaufend ehrgeizige Ziele für die weitere Verbesserung des Umweltschutzes und der nachhaltigen Entwicklung gewürdigt. Fortan nimmt Essen eine Vorreiterrolle und Vorbildfunktion für umweltbewusstes urbanes Leben in Europa ein.

Die Fördersumme für den „Wettbewerb Energieeffiziente Stadt" betrug im Jahr 2015 rund 4,42 Millionen Euro.

Seit 2006 baut das Bundesbauministerium seine **Forschungsinitiative Zukunft Bau** kontinuierlich aus. Diese praxisangewandte Forschung basiert auf einer Kooperation zwischen Wissenschaft, Forschung, Politik und Bauwirtschaft und unterstützt die Umsetzung von Strategien und Konzepten für ein energieeffizientes und nachhaltiges Bauwesen.

Insbesondere die Antragsforschung und die Modellprojekte „Effizienzhaus Plus" sind wesentliche Umsetzungsinstrumente, um gemeinsam mit der Bauwirtschaft kleine und mittelständische Unternehmen bei innovativen Entwicklungen zu fördern und für Zukunftsfragen dringend benötigte Neuerungen kurzfristig marktfähig und breitenanwendbar zu machen. Als Gebäude, die in der Jahresbilanz mehr Energie erzeugen als verbrauchen, nehmen die Modellvorhaben „Effizienzhaus Plus" seit 2011 eine besondere Stellung bei der gezielten Förderung des energieeffizienten Bauens ein. Insgesamt beteiligten sich am neuen Netzwerk der „Effizienzhäuser Plus" bereits 35 Gebäude, die

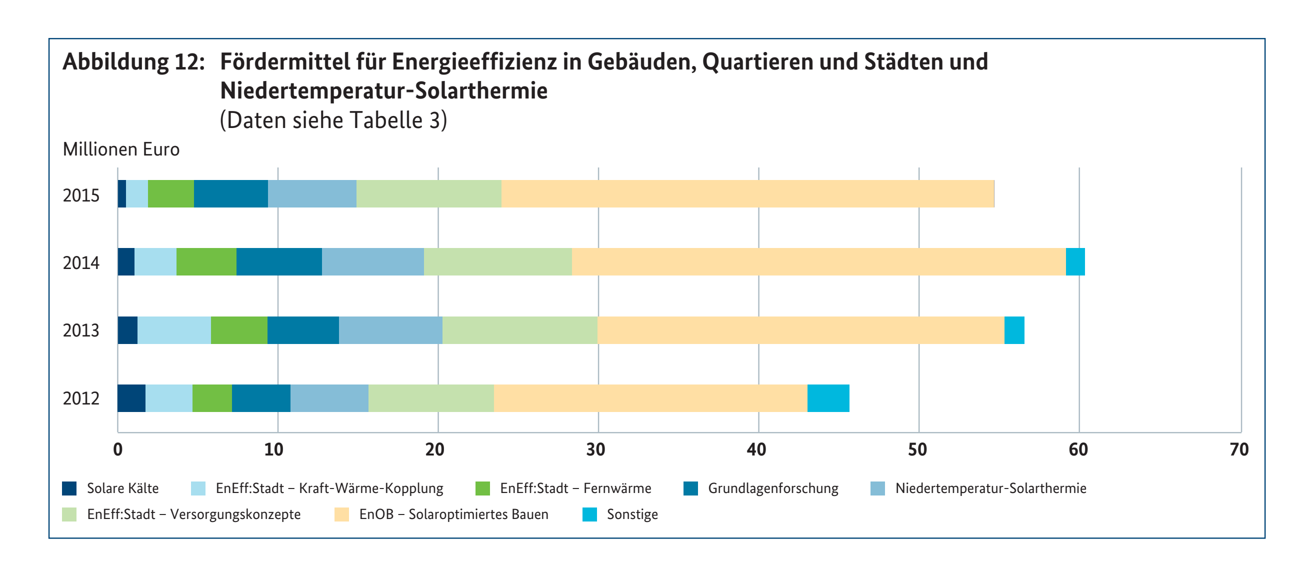


Abbildung 12: Fördermittel für Energieeffizienz in Gebäuden, Quartieren und Städten und Niedertemperatur-Solarthermie
(Daten siehe Tabelle 3)

wissenschaftlich begleitet werden. Mit der Veröffentlichung der „Richtlinie zur Vergabe von Zuwendungen für Modellprojekte – Förderzweig Bildungsbauten im Effizienzhaus Plus Standard“ im Januar 2015 soll der Gebäudestandard „Effizienzhaus Plus“ auf Nichtwohngebäude übertragen werden.

2.2.4 Energieeffizienz in Industrie, Gewerbe, Handel und Dienstleistungen

Der Sektor Industrie und Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (IGHD) gehört zu den großen Energieverbrauchern in Deutschland, liefert aber auch gleichzeitig unverzichtbare Grund- und Werkstoffe sowie Produkte für wichtige Zukunftsbranchen in Deutschland. Er spielt damit für die Umsetzung der Energiewende und für den Klimaschutz eine zentrale Rolle. Den Energieeinsatz optimieren, Energiekosten senken, Umweltbelastungen reduzieren und zugleich die Wettbewerbsfähigkeit stärken sowie Wachstum und Beschäftigung sichern, sind die immer wieder neuen Herausforderungen für deutsche Unternehmen. Wer Energieeffizienz nicht berücksichtigt, ist auf Dauer nicht wettbewerbsfähig und kann sich künftig auf dem Markt auch nicht behaupten. Deshalb ist die intensive Erforschung neuer sowie das Weiterentwickeln noch nicht am Markt etablierter Technologien im Bereich der Energieeffizienz unabdingbar und spielt für die industrielle Produktion eine immer größere Rolle. Dabei liegen die größten Einsparpotenziale im Einsatz energieeffizienter Antriebe, Pumpen, Öfen, effizienter Beleuchtung sowie Lüftungs- und Druckluftsysteme.

Das BMWi richtet seinen Fokus der Förderung auf die Forschung und Entwicklung neuer und effizienterer Technologien in die Breite des Industriesektors. Das heißt, neben Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten für innovative Komponenten, Prozesse und Verfahren wird durch Demonstrationsanlagen und -projekte ein effizienter und schneller Ergebnistransfer in die Praxis sichergestellt. Den Förderbereich kennzeichnet ein breites thematisches und technologisches Förderspektrum mit Schwerpunkten im Bereich Maschinenbau, Fahrzeugbau, Elektrotechnik, Feinmechanik/Optik/EBM-Waren, Wärmepumpen sowie Kältemittel und Kältetechnik, Industrieöfen und Prozesswärme, Eisen- und Stahlindustrie sowie die chemische Industrie. Auf internationaler Ebene beteiligte sich Deutschland im Themenfeld EnEff:IGHD an den IEA-Implementing Agreements „Heat Pumps“ (HPP), „Industrial Energy-Related Technology and Systems“ (IETS) sowie „Energy Conservation through Energy Storage“ (ECES).

Die Projektförderung durch das BMWi zur Energieeffizienz in Industrie, Gewerbe, Handel und Dienstleistung belief sich 2015 für insgesamt 339 laufende Projekte auf rund 34,06 Millionen Euro (2014: 32,9 Millionen Euro). Gleichzeitig sind 115 Projekte mit einem Fördermittelansatz von insgesamt circa 58,48 Millionen Euro (2014: 38,6 Millionen Euro) neu bewilligt (vgl. Abbildung 13).

Hervorzuheben ist die Demonstrationsanlage ETA-Fabrik auf dem Campus der TU Darmstadt. Wissenschaftler erforschen hier erstmals in einer Forschungsfabrik das energetische Zusammenwirken entlang der gesamten Fertigungskette und in der Wechselwirkung zwischen Produktion und Gebäudehülle und -ausrüstung. Erwartet wird eine Energieeinsparung von 40 Prozent. Im Forschungsfeld Reibung wird eine Vielfalt von Innovationen entwickelt, die im Bereich von bewegten Teilen Reibungsverluste reduzieren und das Potenzial haben, Primärenergien künftig effizienter zu nutzen. Hierzu zählt exemplarisch der Verbund CHEOPS, in welchem Wissenschaftler seit Oktober 2015 den Bereich der effizienzoptimierten Schicht-Schmierungssysteme an Bau- und Erntemaschinen untersuchen. Dabei greifen sie auf die Erfahrung aus den vorausgegangenen Fördervorhaben PEGASUS I und II zurück.

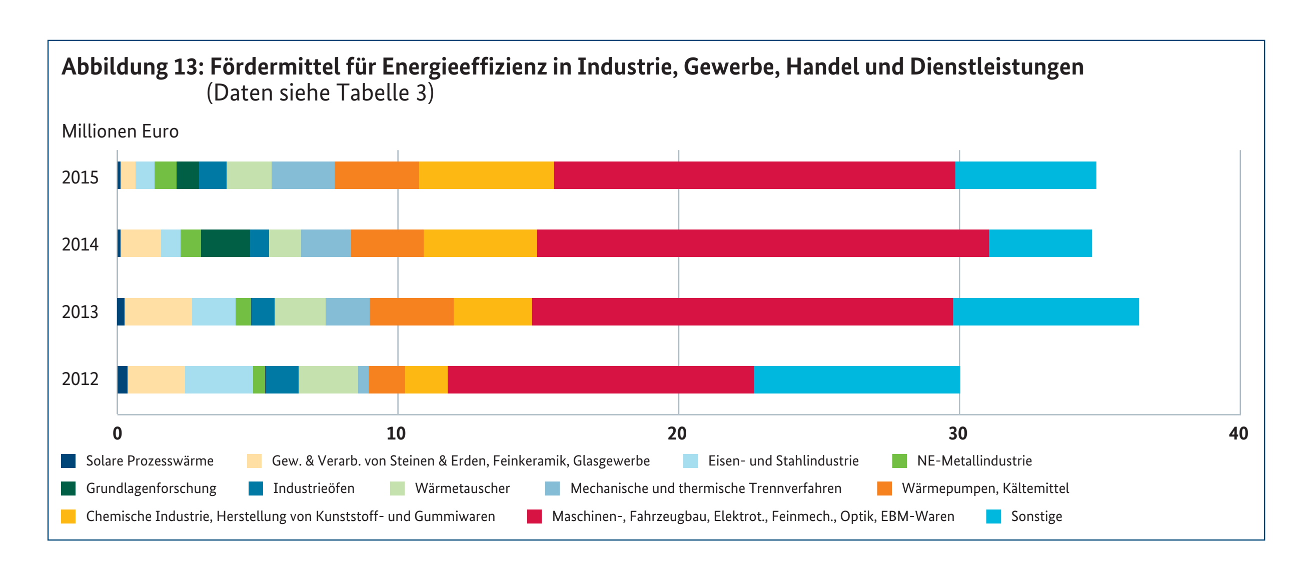


Abbildung 13: Fördermittel für Energieeffizienz in Industrie, Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (Daten siehe Tabelle 3)

2.3 Systemorientierte Energieforschung und Querschnittsthemen

2.3.1 Systemanalyse

Energiesysteme sind heterogen und äußerst komplex, da sie auf Erzeuger- und Verbraucherseite durch eine Vielzahl unterschiedlichster Marktteilnehmer beeinflusst werden. Mit dem steten Anstieg dezentraler, erneuerbarer Energietechnologien steigt der Bedarf nach Flexibilisierung, Transparenz und Planbarkeit. Das hierfür unverzichtbare Detailwissen zu den vielschichtigen Strukturen und den Wechselwirkungen zwischen den einzeltechnologischen Entwicklungen kann durch systemanalytische Untersuchungen bereitgestellt werden. Insbesondere mit Hilfe von Modellen, Simulationen und Szenarioanalysen werden potenzielle Entwicklungspfade deutlich und Vorhersagen möglich. Außerdem unterstützt die Systemanalyse das Einschätzen der Auswirkungen energiepolitischer Maßnahmen.

Wie die Energiesysteme selbst ist auch das Forschungsfeld der Systemanalyse äußerst heterogen hinsichtlich der eingesetzten Methoden und Werkzeuge und in Bezug auf die genutzten Daten und Datenquellen. Gemeinsame Standards und Benchmarks zu definieren sowie geeignete Schnittstellen zwischen den Werkzeugen und Methoden zu schaffen, sind daher wichtige Voraussetzung und zugleich aktuelle Herausforderung innerhalb dieser Fachdisziplin, um die Vergleichbarkeit, Transparenz und das wissenschaftliche Qualitätsmanagement zu erhöhen.

Im März 2015 hat sich auf Initiative des BMWi das Forschungsnetzwerk Energiesystemanalyse gegründet (siehe auch Kapitel Systemorientierte Forschungsansätze, Seite 4). Damit fördert das Ministerium den Austausch und Dialog zwischen Politik, Forschung und Praxis. Bis Ende 2015 hatten sich rund 160 Mitglieder für das Netzwerk registriert. Die erste Jahreskonferenz des Netzwerks hat am 7. Dezember 2015 in Berlin stattgefunden und war der Auftakt für das Schaffen von Arbeitsgruppen zur Fokussierung und Intensivierung der wissenschaftlichen Zusammenarbeit.

Eine wesentliche förderpolitische Maßnahme des BMWi zu diesem Forschungsbereich war der Förderaufruf zur Systemanalyse im März 2015. Aus dem Aufruf sind 22 Forschungsprojekte hervorgegangen. Diese sind zum Teil bereits gestartet.

Das BMWi unterstützt systemanalytische Forschungsaktivitäten in den Bereichen Methodenentwicklung, Technikbewertung und Technikfolgenabschätzung innerhalb des Förderschwerpunkts „En:SYS – Systemanalyse in der Energieforschung“. Insgesamt hat das BMWi im Bereich der Systemanalyse und -modellierung im Berichtsjahr 27 Forschungsprojekte mit einem Fördermittelansatz von 11,17 Millionen Euro neu bewilligt. Für die 102 laufenden Fördervorhaben hat das Ministerium rund 11,46 Millionen Euro Fördermittel aufgewendet (vgl. Abbildung 14).

Im BMBF-Vorhaben „Energiesysteme der Zukunft“ bündeln die deutschen Wissenschaftsakademien die in Deutschland vorhandene wissenschaftliche Expertise interdisziplinär. Neben Fragen der technologischen Machbarkeit werden auch ökonomische und rechtliche sowie solche der effizienten Ressourcennutzung und der gesellschaftlichen Akzeptanz adressiert. Aus einem systemweiten über die Grenzen Deutschlands hinweggehenden Blickwinkel werden verschiedene Varianten für das Energiesystem der Zukunft erarbeitet. Die Akademien erarbeiten systemisch Handlungsoptionen und liefern so eine wissenschaftlich fundierte Basis für die gesamtgesellschaftlichen Diskussionen zur Energiewende. Die Schriftenreihe, in der beispielsweise verschiedene Flexibilisierungskonzepte beleuchtet, eine sozialwissenschaftliche Perspektive gegeben oder die Energiewende in den europäischen Kontext gestellt werden, umfasst mittlerweile neun Ausgaben, die als wissenschaftliche Standpunkte in die Debatte des Forschungsforums Energiewende einfließen. In Zusammenarbeit mit

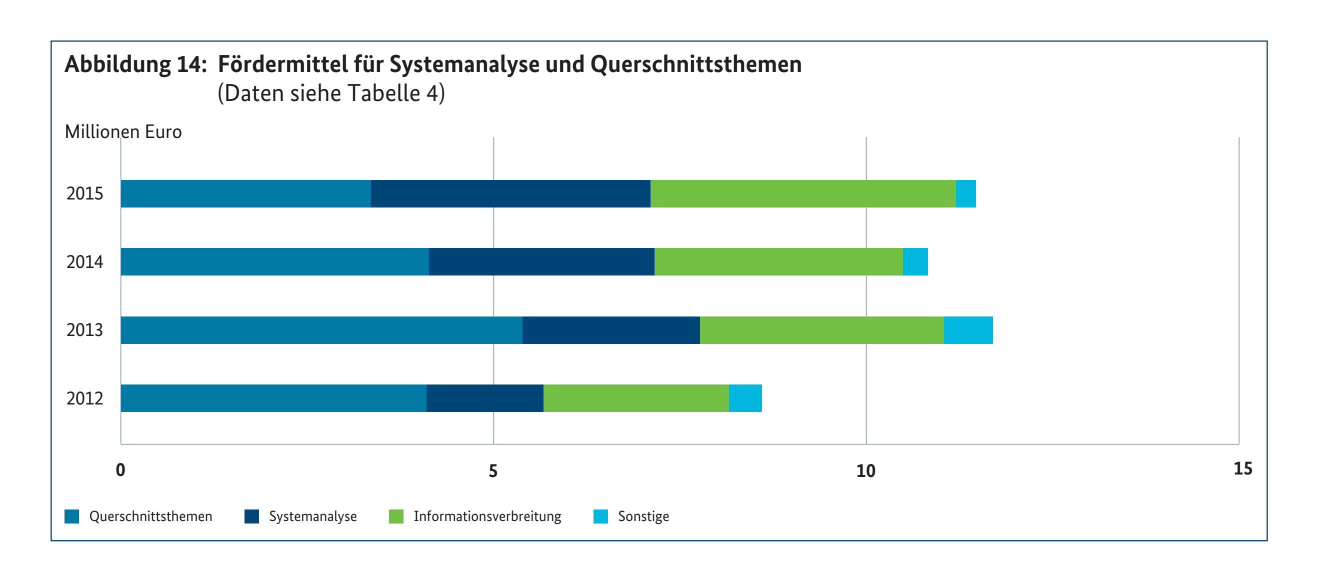


Abbildung 14: Fördermittel für Systemanalyse und Querschnittsthemen
(Daten siehe Tabelle 4)

dem Akademienprojekt hat das BMBF 2015 eine Trialog-Reihe mit dem Ziel gestartet, nachhaltige Lösungen für die Transformation des Energiesystems zu erarbeiten.

2.3.2 Gesellschaftsverträgliche Transformation des Energiesystems

Durch die Energiewende ergeben sich weitreichende Konsequenzen für das Energiesystem sowie für Wirtschaft und Gesellschaft insgesamt. Die Energiepolitik zielt künftig darauf ab, Energie an den momentanen Bedarf angepasst zur Verfügung zu stellen und durch einen deutlich gesteigerten Anteil erneuerbarer Energien an der Versorgung möglichst umweltfreundlich umzuwandeln. Bei der Umsetzung dieses Paradigmenwechsels sind gesellschaftliche Aspekte von großer Bedeutung. Die Gestaltung der Energiewende gelingt nur, wenn sie die Bedürfnisse und Erwartungen der Bevölkerung, von Industrie, Handel und Kommunen – auch hinsichtlich der Fragen von Beteiligung und Gerechtigkeit – angemessen reflektiert sowie marktwirtschaftliche Erfordernisse berücksichtigt.

Mit der BMBF-Förderinitiative „Umwelt- und gesellschaftsverträgliche Transformation des Energiesystems“ wird dieses aktuelle gesellschaftliche Problemfeld aufgegriffen. Drei Forschungsschwerpunkte stehen dabei im Mittelpunkt:

- Darstellung und Bewertung von Entwicklungsoptionen des Energiesystems einschließlich ökonomischer Szenarien
- Analyse von gesellschaftlichen Voraussetzungen für die Akzeptanz der Transformation und die aktive Beteiligung von Bürgerinnen und Bürgern
- Governance von Transformationsprozessen einschließlich ökonomischer Instrumente

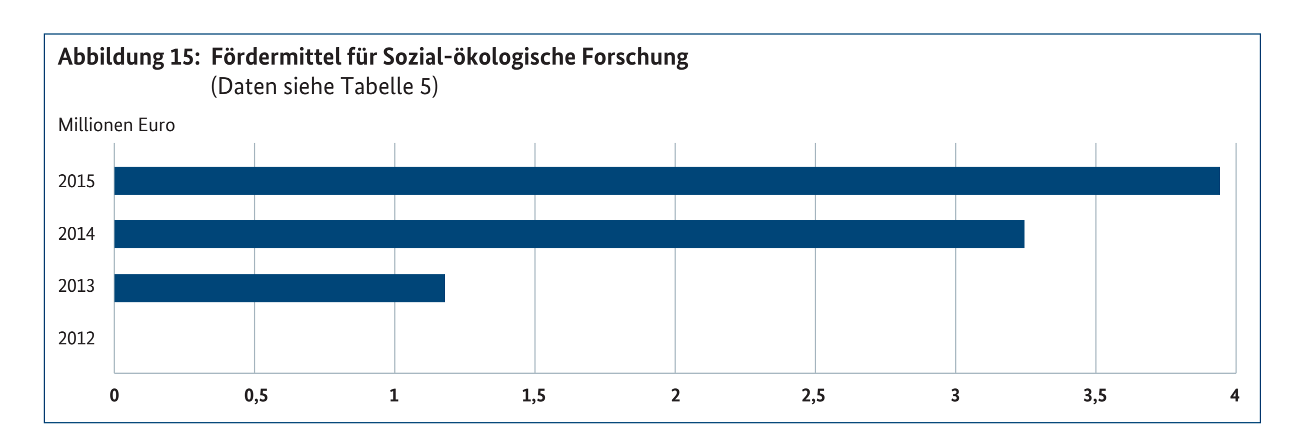
Für die 35 laufenden Fördervorhaben hat das BMBF rund 11,43 Millionen Euro Fördermittel aufgewendet, davon rund 7,17 Millionen Euro im Jahr 2015 (vgl. Abbildung 15). Die Vorhaben haben sich zu den fünf Themenclustern (1) Bürger, Geschäftsmodelle & Co., (2) Entwicklungsoptionen, (3) Gebäude und Siedlungen, (4) Governance und (5) Partizipationsstrategien zusammengefunden.

Alle Projekte erarbeiten Handlungsempfehlungen für Politik, Wirtschaft und Bürger. Im Sinne einer transdisziplinären Forschung arbeiten die Wissenschaftler dabei von Beginn an mit Praxisakteuren wie Kommunalverwaltungen, Stadtwerken oder Unternehmen zusammen. Dabei werden sie von einer Wissenschaftlichen Koordination unterstützt.

Ziel der Wissenschaftlichen Koordination ist unter anderem, den Transfer der Projektergebnisse in die gesellschaftliche Praxis zu beschleunigen. Ein Instrument dafür ist die Website www.transformation-des-energiesystems.de, die über die Vorhaben der Förderinitiative und ihre Fortschritte informiert. Innerhalb der Themencluster findet der wissenschaftliche Austausch in gemeinsamen Workshops statt, die durch die Wissenschaftliche Koordination organisiert werden. Auf Synthesekonferenzen können sich die Projekte clusterübergreifend vernetzen.

Am 15. und 16. September 2015 wurden in Bonn auf der ersten Statuskonferenz der Förderinitiative die bisherigen Ergebnisse vorgestellt und diskutiert. So konnten beispielsweise bereits Strategien zur Beförderung aktiver Partizipation von relevanten Praxisakteuren und Bürgern erfolgreich angewendet werden. Regional gibt es außerdem schon erste transdisziplinäre Handlungsempfehlungen für die umwelt-, gesellschafts- und demokratieverträgliche Steuerung des Transformationsprozesses des Energiesystems. Diese berücksichtigen neben finanziellen und fiskalischen Aspekten auch regulatorische Maßnahmen sowie die Wechselwirkungen mit anderen Bereichen wie Verkehr, Kultur und Umwelt.

Abbildung 15: Fördermittel für Sozial-ökologische Forschung
(Daten siehe Tabelle 5)



Der Tagungsband zur Veranstaltung steht auf der Website der Wissenschaftlichen Koordination zur Verfügung.[1]

2.3.3 Materialforschung für die Energiewende

Die Entwicklung und Verbesserung neuer Materialien ist eine Basis für innovative Energietechnologien. Diese Materialien sollen in der Anwendung die Energieerzeugung optimieren und die Effizienz der Energienutzung steigern. Das BMBF hat daher den Schwerpunkt „Materialforschung für die Energiewende" bereits 2013 erfolgreich initiiert. Die deutsche Energieforschungslandschaft verfügt im internationalen Vergleich über äußerst leistungsfähige Infrastrukturen. Die Förderinitiative setzt hier gezielt an, um bestehende Strukturen mit innovativen Lösungsansätzen und Ideen bei Materialfragen strategisch zu vernetzen.

Das Themenspektrum der grundlagenorientierten Förderinitiative ist technologieoffen gestaltet und erstreckt sich über alle Themen im Energiebereich. Im Fokus der bisherigen Förderung stehen Photovoltaik, Windkraftanlagen, Kraftwerkstechnologien, Energiespeicher, Dämmstoffe, Brennstoffzellen und die Elektrolyse.[2]

Dem wissenschaftlichen Nachwuchs werden im Rahmen der Initiative attraktive Förderbedingungen (u.a. eine fünfjährige Förderung) eröffnet.

Bislang wurden 108 innovative Grundlagen-Vorhaben mit einem Fördermittelansatz von rund 62,47 Millionen Euro bewilligt. Allein 70 Vorhaben sind mit einem Volumen von rund 39,52 Millionen Euro im Jahr 2015 gestartet. Der Mittelabfluss in der Initiative betrug 2015 etwa 10,41 Millionen Euro (vgl. Abbildung 16). Im Jahr 2016 werden weitere Projekte starten.

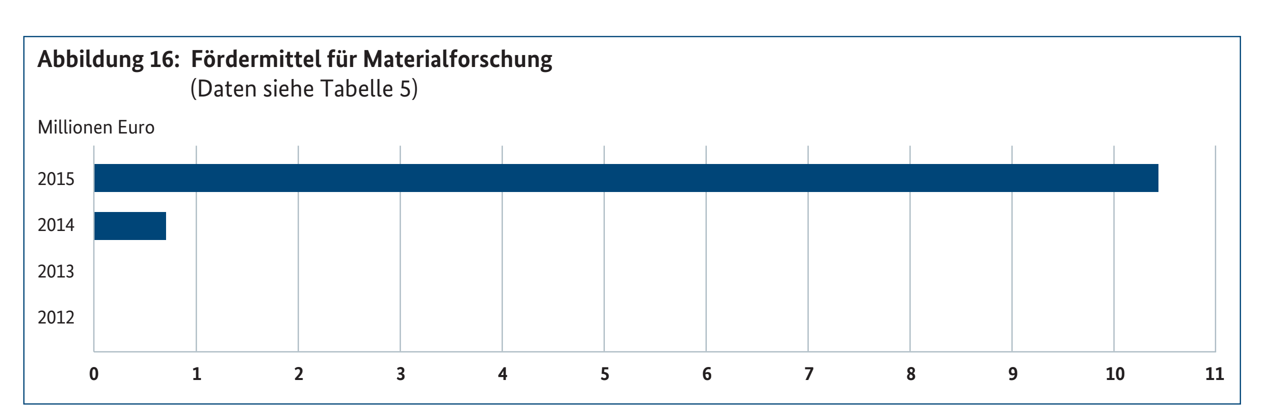
2.3.4 Begleitforschung und Evaluation der Projektförderung

Begleitforschung

Ein wichtiger Baustein für die effektive und effiziente Energieforschung ist neben der Projektförderung auch die Begleitforschung zu den einzelnen Fördervorhaben. Diese soll helfen, die Ergebnisse schneller in die Praxis übertragen zu können, und dazu dienen, Erkenntnisse für künftige Fördermaßnahmen zu erschließen.

Mit Beginn des Jahres 2016 ist die Begleitforschung für die Förderschwerpunkte Energieoptimiertes Bauen (EnOB), Energieeffiziente Stadt (EnEff:Stadt), Energieeffiziente Wärme (EnEff:Wärme) und Solarthermie in einem Verbundvorhaben zusammengeführt. Bis dahin waren die Begleitforschungen zu den einzelnen Schwerpunkten getrennt voneinander organisiert.

Abbildung 16: Fördermittel für Materialforschung
(Daten siehe Tabelle 5)



1 Siehe http://www.fona.de/de/20132

2 Zu weiteren Details siehe Kapitel 2.1 und 2.2.

Der Fokus liegt auf einer übergreifenden und systemorientierten Begleitforschung, die künftig alle vom BMWi geförderten Demonstrationsprojekte betrachtet und auch darüber hinaus innovative Technologien aus Forschung und Entwicklung berücksichtigt. Ausgangspunkt ist dabei eine umfassende Datensammlung.

Die ab 2016 laufende Begleitforschung für das Forschungsfeld „Energie in Gebäuden und Quartieren" ist nach der Veröffentlichung eines Förderaufrufs 2015 in einem Juryverfahren einem Konsortium unter Leitung der RWTH Aachen übertragen worden. Durch Bündelung der Themen und Akteure werden in der neuen Begleitforschung Synergien an der Schnittstelle der Forschung zur Praxis geschaffen, die in guter Übereinstimmung mit dem Forschungsnetzwerk Energie in Gebäuden und Quartieren steht (siehe auch Kapitel Energieeffizienz in Gebäuden, Quartieren und Städten und Niedertemperatur-Solarthermie, Seite 21).

Die Ende 2015 abgeschlossene Begleitforschung im Förderschwerpunkt Energieoptimiertes Bauen (EnOB:MONITOR) hat in den vergangenen Jahren mit dem Leitfaden Gebäude-Monitoring eine Basis geschaffen, um Daten ausgewählter geförderter Demonstrationsvorhaben vergleichend auszuwerten – aktuell sind gut 100 Demo-Projekte in der EnOB-Datenbank erfasst. Dabei macht das standardisierte Monitoring vergleichende Performance- und Komfortanalysen zwischen den Gebäuden erst möglich – auch die Lebenszyklen und Wirtschaftlichkeit (Bau- und Nutzungskosten) sowie die Nutzerakzeptanz der Gebäude waren Teil von EnOB:MONITOR. Praxisbeispiele, Kriterien und Erfahrungen werden im April 2016 in der Publikation „Performance von Gebäuden" veröffentlicht.

Wie einzelne Komponenten und Techniken im Gebäude zusammenspielen, hat bisher die betriebsoptimierte Begleitforschung (EnBop) betrachtet. Sämtliche Aktivitäten auf dem Gebiet der Energieeffizienten Schulsanierung sind in der Begleitforschung Energieeffiziente Schule (EnEff:-Schule) zusammengeführt und dargestellt. Weiter finden sich seit 2007 zahlreiche Demonstrationsprojekte bei EnEff:Stadt in der wissenschaftlichen Querauswertung: Sie liefern den Wissenschaftlern Lösungsansätze für die effiziente, wirtschaftliche und sichere Energieversorgung unserer Städte. Im Fokus stehen sowohl der reduzierte Energieverbrauch von Quartieren durch innovative Technologien als auch die optimale Nutzung vorhandener Infrastruktur und lokal verfügbarer Quellen.

Mit der neu ausgerichteten Begleitforschung wird die Forschungsförderung des BMWi im Bereich Gebäude und Quartiere entlang der gesamten Energieumwandlungskette betrachtet: Technische wie auch sozioökonomische Perspektiven von Forschung, Praxis und Lehre werden berücksichtigt, erhöhen die Transparenz und verstärken den Transfer der Ergebnisse in die Praxis.

Mit der kontinuierlichen Förderung von Forschung und Entwicklung moderner, innovativer Technologien im Bereich energieeffizienter Gebäude und Quartiere verbessert das BMWi die Wettbewerbsfähigkeit deutscher Unternehmen und Forschungseinrichtungen. Bei der globalen Herausforderung, die Klimaschutzziele zu erreichen, nimmt Deutschland hierdurch eine herausragende Position als Vorreiter und Know-how-Träger ein. Ein Großteil der geförderten Vorhaben kann im Schnitt ein bis vier Jahre nach Vorhabenende erfolgreich in den Markt eingeführt werden. Die realisierten Innovationen sind äußerst vielfältig und bilden die Bandbreite und Vielseitigkeit des Forschungsfeldes ab.

Dem BMBF-Wettbewerb „Energieeffiziente Stadt" ist eine Begleitforschung angegliedert, die sich mit den Forschungsschwerpunkten ganzheitlicher systemanalytischer Bewertungen, integraler Planung sowie Modellbildung und -anwendung von Verwaltungsstrukturen beschäftigt. Darüber hinaus ist eine Dienstleistungsbegleitforschung integriert, die unter anderem kommunale Fallanalysen durchführt und Instrumente zur Akzeptanz von Dienstleistungen entwickelt. Weitere Aktivitäten der Begleitforschung sind die Erstellung von Querschnittsanalysen sowie die Unterstützung der Übertragbarkeit der geförderten Konzepte auf andere Städte. Dies wird zum Beispiel durch die Herausgabe der „Publikationsserie des Wettbewerbs Energieeffiziente Stadt" unterstützt.

Evaluationen

Das Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung (IZT) hat 2014 im Fachbereich „Energieeffizienz in Gebäuden und Städten, KWK, thermische Speicher" der BMWi-Förderung eine Evaluation für einen Fünfjahreszeitraum durchgeführt. Dabei sind 240 Vorhaben, 121 Millionen Euro Fördersumme und 179 Millionen Euro Gesamtkosten evaluiert worden. Die durchschnittliche Förderquote lag bei 68 Prozent.

In der Projektförderung dominierten Forschungs- und Entwicklungsarbeiten zu Materialien, Komponenten und Systemen der Baukonstruktion sowie der technischen Gebäudeausrüstung und Demonstrationsprojekte zur Überprüfung der erreichbaren Effizienz, Praxistauglichkeit und künftigen Marktfähigkeit von F&E-Ergebnissen. Innerhalb des erstgenannten Förderschwerpunkts überwiegen die energetische Verbesserung der baulichen Hülle sowie innovative Konzepte der Wärmeerzeugung und -verteilung. Ein weiterer thematischer Schwerpunkt bei den Bewilligungen war die Entwicklung von Methoden und Instrumenten zur energetischen Optimierung des Gesamtsystems Gebäude.

Zur Forschungsinitiative Energiespeicher planen die beiden beteiligten Ministerien BMWi und BMBF, eine vergleichende Erfolgskontrolle durchzuführen, um die Wirksamkeit der Fördermaßnahme valide einschätzen zu können.

2.3.5 Informationsverbreitung

Transparenz ist eine wichtige Voraussetzung für den Erfolg und die gesamtgesellschaftliche Akzeptanz der Energiewende. Daher unterstützt die Bundesregierung zahlreiche Maßnahmen, die die Informationsverbreitung rund um die Aktivitäten im Bereich der Energieforschung fördern.

Landkarte der Energieforschung

Seit März 2013 ist im Rahmen des Internetauftritts des BMBF die Landkarte der Energieforschung nutzbar. Die Landkarte schafft Transparenz über die Leistungen der deutschen Energieforschung im Grundlagenbereich. Sie gibt einen detaillierten Überblick, wer wo mit welchen Mitteln an welchen Energiethemen arbeitet.

Zentrales Informationssystem EnArgus

Seit April 2015 ist das zentrale Informationssystem EnArgus online verfügbar. Dieses erfasst die vielfältigen projektspezifischen Energieforschungsaktivitäten der Bundesregierung seit 1976, auch über das Energieforschungsprogramm hinaus. Das System bildet insgesamt mehr als 24.000 Forschungsvorhaben mit Bezug zur nichtnuklearen Energieforschung ab und stellt diese transparent dar. Ein Wiki informiert zudem über das Spektrum der vom BMWi geförderten Energiethemen und wird kontinuierlich um weitere Fachbegriffe und Schlagwortartikel erweitert. Diese ermöglichen eine umfassende semantische Recherche in allen in EnArgus dargestellten Forschungsvorhaben.

EnArgus richtet sich über eine frei zugängliche Webseite www.enargus.de an die interessierte Öffentlichkeit. Das Portal gibt Einblick in die förderpolitischen Leitlinien und die einzelnen Energie- und Effizienztechnologien und liefert die wichtigsten Eckdaten zu den geförderten Projekten. Für die öffentlichen Teile der Schlussberichte der geförderten Forschungsprojekte, die von der Technischen Informationsbibliothek Hannover (TIB) archiviert werden, soll künftig über die Homepage eine Volltextsuche möglich sein.

Für Politik, Behörden und Projektträger bietet das webbasierte System über einen geschützten, nicht-öffentlichen Bereich einen vertieften, einheitlichen und zentralen Zugang zur Energieforschungslandschaft in Deutschland.

BINE Informationsdienst

BINE Informationsdienst vermittelt die projektspezifischen Inhalte der von der Bundesregierung geförderten, anwendungsorientierten Energieforschung. Das umfangreiche Programm spricht ein breitgefächertes Fachpublikum von der Forschung bis zur energiewirtschaftlichen Praxis sowie Vertreter von Bildungseinrichtungen an. BINE Informationsdienst fasst mit seinen Publikationen die Ergebnisse aus Forschungs-, Entwicklungs- und Demonstrationsprojekten zusammen. Dazu zählen Projekt- und Themeninfos, die Publikumsreihe basisEnergie sowie die BINE Fachbücher. Darüber hinaus bietet die Datenbank „Förderkompass Energie“ umfassende Förderinformationen zu den Programmen von EU, Bund, Ländern, Kommunen und Energieversorgern. Zudem erteilt BINE Informationsdienst Fachauskünfte und ist auf ausgewählten Veranstaltungen mit einem Informationsstand präsent.

Die Redaktion betreut insgesamt acht Internetseiten. Diese begleiten die Forschungsaktivitäten des 6. Energieforschungsprogramms. Die Webseite www.bine.info stellt förderlinienübergreifend Informationen zu Forschungsprojekten vor. Die Nachrichten werden parallel über den BINE Newsletter an rund 16.000 Abonnenten weiterverbreitet. Zusätzlich pflegt BINE Informationsdienst sieben Forschungsportale zu ausgewählten Förderlinien. Im Bereich Energieoptimiertes Bauen ist dies die Webseite www.enob.info. Zu Energieeffizienz in Städten und Quartieren sowie zu energieeffizienten Wärme- und Kältenetzen sind es die Zwillingsportale www.eneff-stadt.info und www.eneff-waerme.info. Hinzu kommt das Portal www.eneff-industrie.info zu Energieeffizienz in der Industrie. Die Homepage www.kraftwerksforschung.info betrachtet die konventionellen Kraftwerkstechnologien. Zur Forschungsinitiative Energiespeicher der Bundesregierung betreut BINE Informationsdienst die Seite www.forschung-energiespeicher.info. Die Projekte innerhalb der Forschungsinitiative „Zukunftsfähige Stromnetze“ begleitet das Portal www.forschung-stromnetze.info.

Fona.de

Umfassende Informationen zur Forschungsförderung des BMBF sind gebündelt auf den Seiten www.fona.de zu finden. Hier wird die Energieforschung zusammen mit der Forschung für nachhaltige Entwicklungen dargestellt. Die politischen Prioritäten des dritten Rahmenprogramms für Nachhaltigkeitsforschung (FONA³) des BMBF werden durch die drei Leitinitiativen Energiewende, Green Economy und Zukunftsstadt definiert. Das Thema Energiewende nimmt somit als eine von drei Leitinitiativen eine herausragende Rolle ein. Auch in den beiden anderen Leitinitiativen sind Energiethemen zentral vertreten. Die Energieforschung wird so in einen systemischen Kontext gestellt, der den tatsächlichen Herausforderungen der Energiewende Rechnung trägt. Die Plattform richtet sich sowohl an ein Fachpublikum als auch an die interessierte Öffentlichkeit. Sie bietet Wissenschaftsjournalisten einen Einstieg in die Forschungsförderung des BMBF und gibt potenziellen Antragstellern Orientierungsmöglichkeiten.

2.4 Fusionsforschung

Die Bundesregierung setzt zur langfristigen Sicherung der Energieversorgung in Deutschland auch auf die Fusionsforschung. Denn verantwortungsvolle Forschungsförderung schließt die Verfolgung langfristiger Entwicklungen in gesellschaftlichen, wirtschaftlichen und technologischen Bereichen ein. Die Bundesregierung unterstützt deshalb weiterhin den Bau des International Thermonuclear Experimental Reactor ITER in Cadarache (Südfrankreich). ITER soll erstmals mit einem Fusionsplasma im 500-MW-Bereich zehnmal mehr Energie liefern, als zur Aufheizung des Plasmas benötigt wird, und so die Machbarkeit der kontrollierten terrestrischen Energiegewinnung aus Fusionsprozessen demonstrieren. Euratom repräsentiert als einer der sieben Partner (Europa, Japan, Russland, China, Südkorea und Indien) 27 europäische Staaten mit eigenen Forschungsassoziationen und vertritt Europa im ITER-Rat. Der ITER-Rat will sich bis Juni 2016 auf einen aktualisierten Zeitplan für ITER verständigen.

Die Förderung der Kernfusion in Deutschland erfolgt primär im Rahmen der Programmorientierten Förderung der Helmholtz-Gemeinschaft. An diesem Programm sind das Max-Planck-Institut für Plasmaphysik (IPP), das Karlsruher Institut für Technologie (KIT) und das Forschungszentrum Jülich (FZJ) beteiligt. Daneben hat das BMBF ein zeitlich befristetes Projektförderprogramm mit dem Fokus auf Verbundprojekten zwischen Forschungsinstituten und Industrie aufgelegt (vgl. Abbildung 17).

Deutschland verfügt in der Kernfusion im internationalen Vergleich über ein herausragendes wissenschaftliches Know-how. Mit Großgeräten wie dem Tokamak ASDEX Upgrade und dem Ende 2015 in Betrieb gegangenen Stellarator Wendelstein 7-X (beide am IPP) sowie dem Hochtemperatur-Helium-Kreislauf (HELOKA) und der Testeinrichtung für supraleitende Komponenten (TOSKA) (beide am KIT) steht eine weltweit einmalige Infrastruktur zur Verfügung. Das IPP koordiniert im Rahmen von EUROfusion (gegründet 2014) die Kernfusionsforschung von 29 Forschungsorganisationen und Universitäten in 27 europäischen Ländern.

Deutsche Industrieunternehmen setzen technologisch anspruchsvolle Aufträge für den Aufbau von ITER um, stärken ihre internationale Wettbewerbsfähigkeit und profitieren von der Zusammenarbeit mit den Forschungszentren und Universitäten. Deutsche Firmen und Forschungsinstitute warben bisher Aufträge für ITER in Höhe von fast 500 Millionen Euro ein.

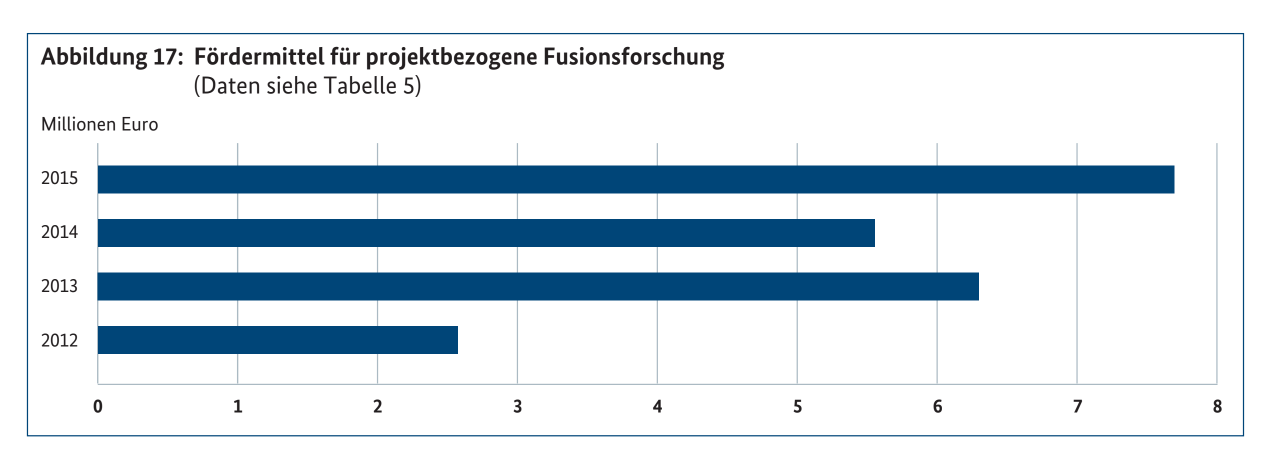
2.5 Nukleare Sicherheitsforschung

Für den Betrieb, die Stilllegung und die Entsorgung von Kernkraftwerken und Forschungsreaktoren, ebenso wie für die Endlagerung radioaktiver Abfälle, gelten höchste Sicherheitsanforderungen. Das Atomgesetz fordert daher in §7d, dass der „fortschreitende Stand von Wissenschaft und Technik“ maßgeblich zu sein hat. Damit dies erfüllt werden kann, weist der Gesetzgeber der Forschung und Entwicklung in diesen Gebieten eine herausragende Rolle zu.

Die projektgeförderte Nukleare Sicherheits- und Entsorgungsforschung des BMWi trägt durch gezielte Investitionen in Forschung und Entwicklung dazu bei, Grundlagen bereitzustellen und langfristig und kontinuierlich den Stand von Wissenschaft und Technik weiterzuentwickeln und damit einen substanziellen Beitrag zum Aufbau, zur Weiterentwicklung und zum Erhalt der wissenschaftlich-technischen Kompetenz zu leisten. Dies gilt auch und gerade vor dem Hintergrund des deutschen Ausstiegs aus der Stromerzeugung aus Kernenergie bis zum Jahr 2022, da über die Restlaufzeit der Kernkraftwerke hinaus in Deutschland weiterhin kerntechnische Anwendungen in Industrie, Forschung und in der Medizin benötigt werden. Somit sind ein Höchstmaß an fachlicher Kompetenz sowie die Verfügbarkeit fortschrittlicher Bewertungsmethoden weiterhin unabdingbare Voraussetzung für eine wissenschaftlich fundierte Sicherheitsbewertung von Kernkraftwerken und Endlagersystemen im Inland und Ausland.

Das BMBF fördert gezielt den Kompetenzerhalt und die Kompetenzerweiterung in den Bereichen Nukleare Sicherheits- und Entsorgungsforschung und der Strahlen-

Abbildung 17: Fördermittel für projektbezogene Fusionsforschung
(Daten siehe Tabelle 5)



forschung. Im Mittelpunkt steht die Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses. Dabei wird die Vernetzung von Wissenschaft und Industrie im Zuge der Grundlagenforschung vorangetrieben.

2.5.1 Reaktorsicherheitsforschung

Die Reaktorsicherheitsforschung ist Teil der staatlichen Vorsorge zum Schutz der Bevölkerung und der Umwelt vor den Gefahren möglicher Freisetzung radioaktiver Stoffe aus Anlagen zur Stromgewinnung aus Kernenergie. Es ist ihre Aufgabe, auch unter Ausstiegsbedingungen das Sicherheitskonzept deutscher Kernkraftwerke abzusichern und durch internationale Kooperationen Beiträge zur stetigen Weiterentwicklung der Sicherheitsstandards kerntechnischer Anlagen weltweit zu leisten.

Die Projektförderung im Bereich Reaktorsicherheitsforschung erfolgt federführend durch das BMWi.

Im Themenbereich Anlagenverhalten und Unfallabläufe standen im Jahr 2015 Untersuchungen zu passiven Sicherheitssystemen im Fokus. Diese Systeme zeichnen sich dadurch aus, dass sie keine externe Energieversorgung benötigen. Sie erfüllen ihre Funktion basierend auf Naturgesetzen wie beispielsweise der Schwerkraft oder natürlicher Konvektion. Im neu gestarteten EASY-Verbund sollen Werkzeuge für die sicherheitstechnische Bewertung passiver Systeme zur Störfallbeherrschung weiterentwickelt und validiert werden. Dazu sind neben analytischen Arbeiten auch großmaßstäbliche experimentelle Arbeiten am Integral Teststand Karlstein (INKA) vorgesehen. Zwei weitere 2015 bewilligte Vorhaben befassen sich mit so genannten Heatpipes als einem System, das zur Abfuhr der Nachzerfallswärme aus dem Brennelementlagerbecken ohne aktive Komponenten (z. B. Pumpen) eingesetzt werden kann. Derartige sicherheitstechnische Entwicklungen sind auch für die Nachbetriebsphase von Interesse.

Ein zentrales Thema im Bereich „Sicherheit von Komponenten kerntechnischer Anlagen“ war im Jahr 2015 die Bewertung der Integrität von druckführenden Komponenten mit Rissfeldern. Vor gut drei Jahren waren entsprechende rissartige Befunde bei Ultraschallprüfungen der Reaktordruckbehälter in den belgischen Anlagen Tihange 2 und Doel 3 detektiert worden. Im Verbundvorhaben MeKom sowie im KEK-Vorhaben IntRi (KEK: BMWi-Initiative „Kompetenzerhalt in der Kerntechnik“) soll anhand experimenteller und numerischer Untersuchungen an Proben mit Rissfeldern ein Konzept für die sicherheitstechnische Bewertung betroffener Komponenten abgeleitet werden.

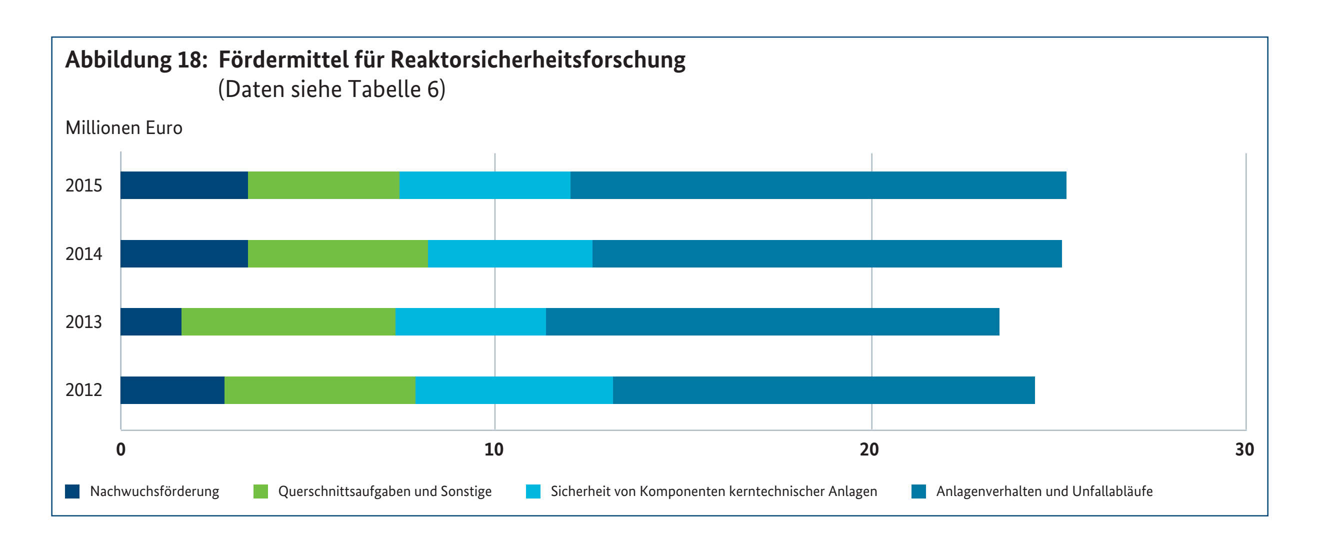
Aktuelle Fragestellungen zur Cyber-Security, die sich aus dem zunehmenden Einsatz digitaler Leittechnik in Kernkraftwerken im Ausland ergeben, greift der Verbund SMARTEST auf. Im Vorhaben soll ein Testverfahren zur Erkennung von Schwachstellen softwarebasierter leittechnischer Systeme entwickelt werden.

International beteiligt sich Deutschland im Rahmen der projektgeförderten Reaktorsicherheitsforschung des BMWi an multilateralen Forschungsprojekten unter der Schirmherrschaft der OECD/NEA. Im Jahr 2015 wurde unter anderem die Teilnahme an der 19. Phase des HALDEN-Projektes realisiert. Schwerpunkte des Programms sind Experimente zum Betriebs- und Störfallverhalten von Kernbrennstoff sowie umfangreiche Analysen zur Mensch-Maschine-Schnittstelle und zum menschlichen Verhalten. Erstmals sind auch Untersuchungen zum Hüllrohrverhalten während verlängerter Zwischenlagerzeiten von Brennelementen geplant.

Im Jahr 2015 förderte das BMWi 131 laufende Vorhaben. Neu bewilligt wurden 46 Vorhaben mit einem Fördermittelansatz von insgesamt 24,7 Millionen Euro.

Das BMBF flankiert die Forschungsförderung des BMWi mit Projekten, in denen entsprechend den Förderschwerpunkten des BMWi die wissenschaftlichen Kenntnisse auf

Abbildung 18: Fördermittel für Reaktorsicherheitsforschung (Daten siehe Tabelle 6)



dem Gebiet der Reaktorsicherheitsforschung vertieft und weiterentwickelt werden und die vor allem der Ausbildung von Nachwuchswissenschaftlern dienen.

Im Jahr 2015 wurde das Verbundvorhaben PANAS (Untersuchungen zu passiven Nachzerfallswärme-Abfuhrsystemen) bewilligt. Hier werden experimentelle und modelltheoretische Arbeiten durchgeführt, um Werkzeuge weiterzuentwickeln, die für die sicherheitstechnische Bewertung passiver Systeme zur Störfallbeherrschung eingesetzt werden. Das Verbundvorhaben, mit einem Fördermittelansatz von 2,27 Millionen Euro, hat eine Verbindung mit dem BMWi-Verbundprojekt EASY.

Insgesamt förderte das BMBF im Jahr 2015 33 Nachwuchswissenschaftler (Doktoranden, Postdoktoranden, Diplomanden, Masterstudenten). Das BMWi hat rund 180 wissenschaftliche Mitarbeiter (Vollzeitäquivalente) gefördert.

Im Jahr 2015 wurden im Bereich Reaktorsicherheitsforschung Forschungsvorhaben mit Fördermitteln von 25,22 Millionen Euro unterstützt (vgl. Abbildung 18). Davon stellte das BMWi 21,83 Millionen Euro und das BMBF 3,39 Millionen Euro bereit.

2.5.2 Endlager- und Entsorgungsforschung

Die Projektförderung im Bereich Entsorgungs-/Endlagerforschung erfolgt federführend durch das BMWi. Die Förderaktivitäten orientieren sich programmatisch an den regelmäßig fortgeschriebenen BMWi-Förderkonzepten zur Entsorgungs-/Endlagerforschung radioaktiver Abfälle. Die Förderziele sind das Schaffen der wissenschaftlichen Grundlagen, die Entwicklung von Methoden und Techniken, die dem Stand von Wissenschaft und Technik entsprechen, sowie die Bereitstellung von Wissen und Expertise. Die Umsetzung erfolgt durch anwendungsorientierte, standortunabhängige Forschungs- und Entwicklungsprojekte zu allen in Deutschland relevanten Wirtsgesteinen (Salz, Ton- und Kristallingestein). Dabei spielen internationale Kooperation und Nachwuchsförderung eine wichtige Rolle bei den BMWi-Förderaktivitäten.

Das im Februar 2015 veröffentlichte BMWi-Förderkonzept „Forschung zur Entsorgung radioaktiver Abfälle (2015–2018)“, bildet die aktuelle Fördergrundlage und berücksichtigt dabei in gewissem Umfang Aspekte aus dem Standortauswahlgesetz, dem Nationalen Entsorgungsprogramm und der EU-Direktive 2011/70 Euratom. Neue Themen wie die Untersuchung der Auswirkungen verlängerter Zwischenlagerzeiten auf Abfälle und Behälter, die Erarbeitung wissenschaftlicher Grundlagen der Standortauswahl oder sozio-technische Fragestellungen sind zu behandeln und wurden als neue FuE-Bereiche ins Förderkonzept aufgenommen. Sie ergänzen die FuE-Bereiche „Endlagerkonzepte und -technik“ sowie „Sicherheitsnachweis“.

Im neuen FuE-Bereich „Auswirkungen verlängerter Zwischenlagerzeiten auf Abfälle und Behälter“ wurden 2015 zwei Vorhaben bewilligt, in denen die Langzeiteignung von Dichtungen und Neutronenabsorbern, die in derzeit verwendeten Transport- und Lagerbehältern für radioaktive Stoffe (TLB) eingesetzt sind, untersucht werden. Die Fördersumme beträgt rund 0,6 Millionen Euro.

Im FuE-Bereich „Wissenschaftliche Grundlagen der Standortauswahl“ wurden im Jahr 2015 keine Neuvorhaben bewilligt.

Im FuE-Bereich „Endlagerkonzepte und Endlagertechnik“ werden Projekte gefördert, die konzeptionelle, methodische und technische Fragestellungen (u. a. mit Hilfe von Demonstrationsversuchen) beantworten sollen. Im Jahr 2015 wurden hier neun Neuvorhaben mit rund 4,9 Millionen Euro bewilligt.

Im FuE-Bereich „Sicherheitsnachweis“ werden FuE-Projekte durchgeführt, die grundlegende Kenntnisse erarbeiten sollen, die für einen Sicherheitsnachweis erforderlich sind. Dazu zählen experimentelle Arbeiten, modelltheoretische Untersuchungen und die Weiterentwicklung des sicherheitsanalytischen Instrumentariums. Damit wird die Methodik zur Führung von Sicherheitsnachweisen ständig dem fortschreitenden Stand von Wissenschaft und Technik angepasst. Im Jahr 2015 wurden in diesem FuE-Bereich zehn Neuvorhaben mit einem Fördermittelansatz von rund 4,5 Millionen Euro bewilligt.

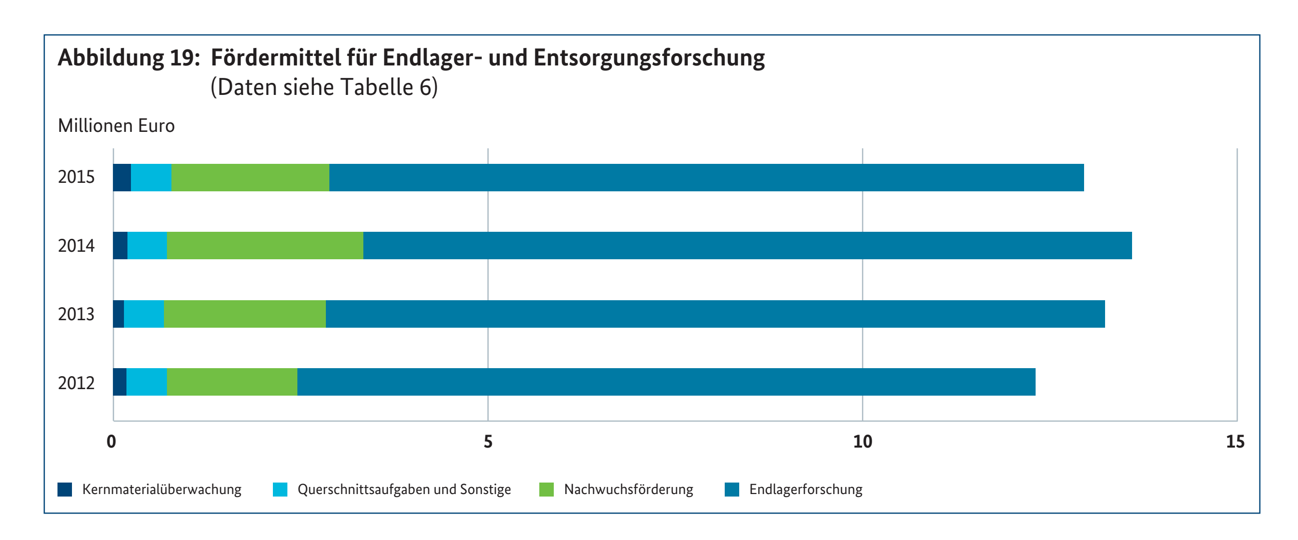
Im FuE-Bereich „Wissensmanagement und sozio-technische Fragestellungen“ sollen Vorhaben dazu beitragen, Methoden, Instrumente, Verfahren und Lösungsansätze für die Anwendung auf dem Gebiet Entsorgung/Endlagerung zu entwickeln. Im Jahr 2015 wurde ein Neuvorhaben mit einem Mittelvolumen von rund 0,2 Millionen Euro bewilligt.

Im Rahmen der BMWi-Projektförderung werden auch Projekte im FuE-Bereich „Kernmaterialüberwachung“ zu konzeptionellen, technisch-methodischen und politisch-institutionellen Fragen gefördert. Aufgrund der globalen Bedeutung des Themas werden die Arbeiten in nationale und internationale Forschungsnetzwerke (Euratom, IAEA) eingebettet. Im Jahr 2015 wurden keine Neuvorhaben bewilligt.

Internationale Kooperation war und ist eine wichtige Komponente innerhalb der FuE-Aktivitäten und wird daher im BMWi-Förderkonzept auch als wichtiger Aspekt der Förderung angesehen. Circa 30 Prozent aller zurzeit geförderten FuE-Projekte haben direkten oder indirekten Bezug zu internationalen Kooperationsaktivitäten.

Ein weiterer wesentlicher Gesichtspunkt der BMWi-Förderaktivitäten, und wichtig für den Erhalt von Kompetenz und Expertise, ist die Aus- und Weiterbildung. Im Rahmen

Abbildung 19: Fördermittel für Endlager- und Entsorgungsforschung
(Daten siehe Tabelle 6)



der laufenden FuE-Projekte des BMWi werden zurzeit 60 Stellen zu Aus- und Weiterbildung des wissenschaftlichen Nachwuchses gefördert.

Die Themenbereiche der BMWi-Projektförderung zur Entsorgungs-/Endlagerforschung werden durch BMBF-geförderte Forschungs- und Entwicklungsarbeiten der Nuklearen Sicherheitsforschung flankiert.

Im Jahr 2015 wurde ein Verbundvorhaben neu bewilligt (SIRIUS: Sekundärionisation radioaktiver Isotope zur ortsaufgelösten Ultraspurenanalyse), das sich mit der Untersuchung des geochemischen Verhaltens von Plutonium und den Implikationen für die sicherheitstechnische Bewertung eines geologischen Tiefenlagers befasst. Das Vorhaben kann dem FuE-Bereich „Sicherheitsnachweis" des BMWi-Förderkonzepts zugeordnet werden.

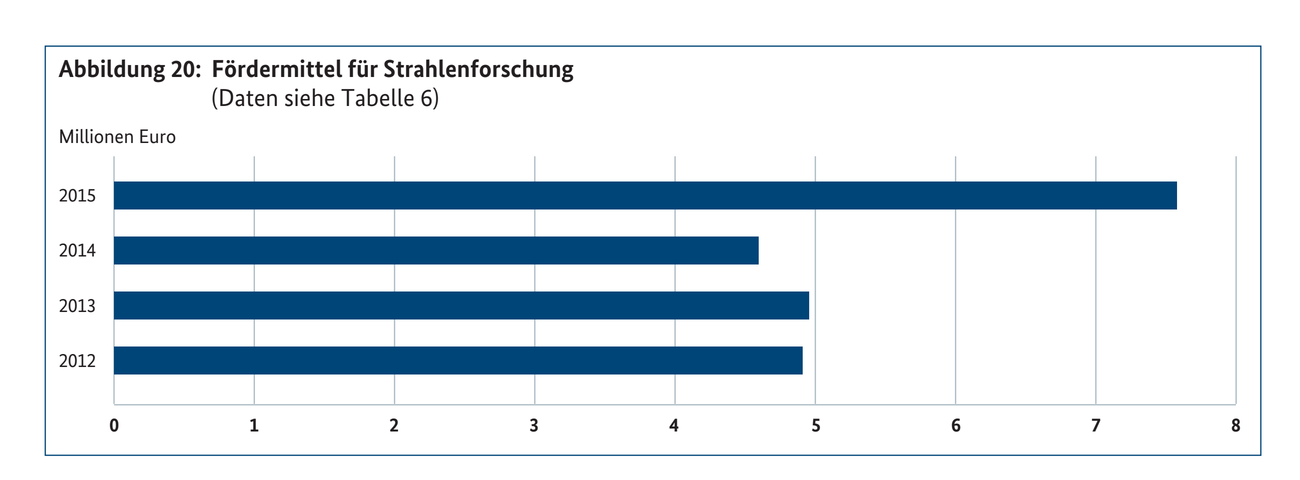
Im Jahr 2015 wurden im Bereich Entsorgungsforschung Forschungsvorhaben mit einem Fördervolumen von rund 12,95 Millionen Euro unterstützt (vgl. Abbildung 19). Davon stellte das BMBF etwa 2,11 Millionen Euro. In diesem Zusammenhang hat das BMBF 2015 im Bereich der Endlager- und Entsorgungsforschung 66 Nachwuchswissenschaftler (Doktoranden, Postdoktoranden, Diplomanden, Masterstudenten) gefördert.

2.5.3 Strahlenforschung

Ein Schwerpunkt der Förderung des BMBF in der Nuklearen Sicherheitsforschung ist der Bereich Strahlenforschung.

Im Bereich der Strahlenforschung wurden 2015 zu strahlenbiologischen, strahlenmedizinischen und radioökologischen Fragestellungen elf Vorhaben mit einem Fördermittelansatz von rund 7,58 Millionen Euro neu bewilligt. Schwerpunkt der neu bewilligten Vorhaben liegt auf der Untersuchung der intrinsischen Strahlenempfindlichkeit (Identifikation biologischer und epidemiologischer Langzeitfolgen) und der komplexen DNA-Läsionen und deren Bedeutung für die zelluläre Antwort nach Bestrahlung sowie einer integrativen Langzeitstudie zur Wirkung niedriger Strahlendosen in der Maus. Insgesamt hat das BMBF 2015 im Bereich Strahlenforschung 140 Nachwuchswissenschaftler (Doktoranden, Postdoktoranden, Diplomanden, Masterstudenten) gefördert. Im Jahr 2015 wurden im Bereich Strahlenforschung Forschungsvorhaben mit Fördermitteln in Höhe von etwa 7,58 Millionen Euro unterstützt (vgl. Abbildung 20).

Abbildung 20: Fördermittel für Strahlenforschung
(Daten siehe Tabelle 6)



3. Institutionelle Energieforschung

Das BMBF ist für wesentliche Teile der institutionellen Energieforschung federführend. Im Rahmen des Energieforschungsprogramms steht die Helmholtz-Gemeinschaft Deutscher Forschungszentren (HGF) im Vordergrund. Der Forschungsbereich Energie der HGF ist im letzten Jahr in die dritte Periode der Programmorientierten Förderung gestartet. Mit ihren Arbeiten leistet die HGF wichtige Beiträge zur Umsetzung der Energiewende. Im Mittelpunkt der bis 2019 angelegten Förderperiode stehen die Forschungsprogramme:

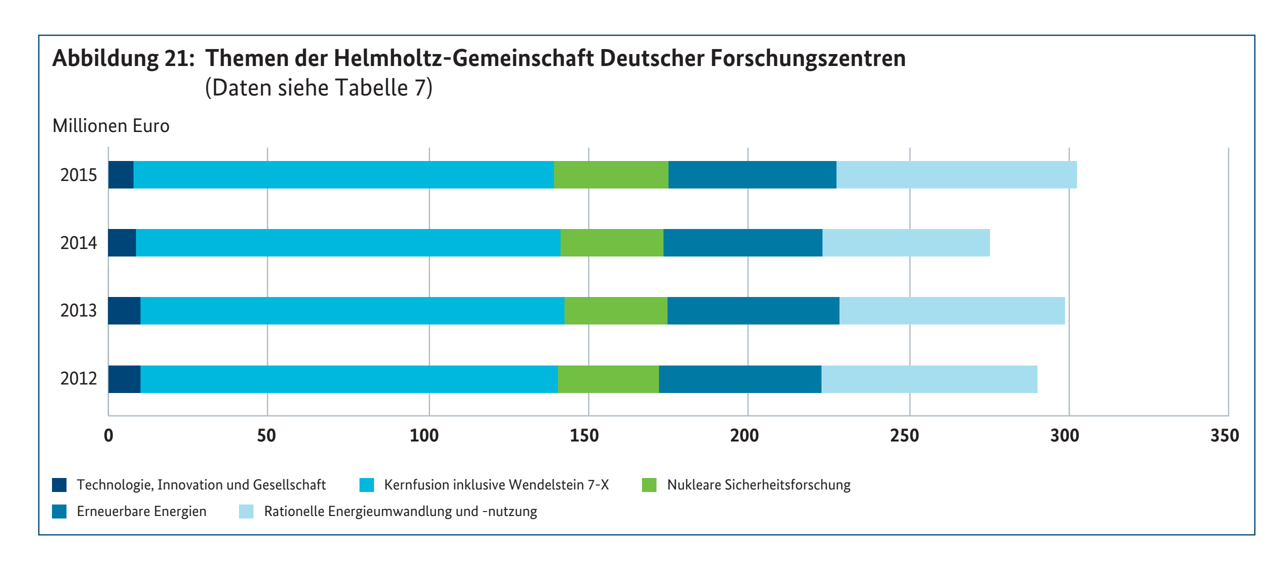
- Energieeffizienz, Materialien und Ressourcen,
- Erneuerbare Energien,
- Speicher und vernetzte Infrastrukturen,
- Zukünftige Informationstechnologien (gemeinsames Programm mit dem Forschungsbereich Schlüsseltechnologien),
- Technologie, Innovation und Gesellschaft (gemeinsames Programm mit dem Forschungsbereich Schlüsseltechnologien),
- nukleare Entsorgung, Sicherheit und Strahlenforschung,
- Kernfusion.

Im Rahmen dieser Forschungsprogramme kooperieren acht Großforschungszentren der HGF[3]. Insgesamt arbeiten rund 3.000 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler in den Programmen des Forschungsbereichs Energie der HGF.

Ein wichtiger Meilenstein des Forschungsbereichs im letzten Jahr war die Ausarbeitung der neuen programmübergreifenden Initiative **„Energiesystem 2050“**, zu der der Senat der HGF auf Basis einer Begutachtung eine Finanzierungsempfehlung in Höhe von 15 Millionen Euro für den Zeitraum 2015 bis 2019 beschlossen hat. Die Initiative soll die Entwicklung von technologischen Systemlösungen für die erfolgreiche Integration von erneuerbaren Energien in das Energiesystem entwickeln und dazu die Schlüsselaktivitäten der Programme „Energieeffizienz, Materialien und Ressourcen“, „Erneuerbare Energien“, „Speicher und vernetzte Infrastrukturen“, „Zukünftige Informationstechnologien“ und „Technologie, Innovation und Gesellschaft“ verknüpfen. Dabei kommt dem Forschungsbereich bei technologieübergreifenden Untersuchungen in Systemen auf der Ebene der Forschungszentren und insbesondere durch die Einbindung von Großgeräten und die Nutzung großer Forschungsinfrastrukturen ein ausgewiesenes Alleinstellungsmerkmal zu.

Der Helmholtz-Senat hat 2015 den Aufbau einer neuen groß angelegten Infrastruktur für die Synthese und Entwicklung neuartiger Materialsysteme zur Energieumwandlung und -speicherung mit dem Namen **„Helmholtz Energy Materials Foundry (HEMF)“** beschlossen. Damit wird die strategisch wichtige Materialforschung in der HGF weiter gestärkt und bestehende Infrastrukturen, wie beispielsweise die 2015 in Betrieb genommene **„Helmholtz Energy Materials Characterisation Platform (HEMCP)“**, werden ergänzt. Unter der koordinierenden Leitung des Helmholtz-Zentrums Berlin beteiligen sich fünf weitere Helmholtz-Zentren: das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), Forschungszentrum Jülich, Helmholtz-Zentrum Geesthacht (HZG), Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf (HZDR) sowie das Karlsruher Institut für Technologie (KIT). Für die Labor-Plattform soll von 2016 bis 2020 ein Gesamtvolumen von rund 46 Millionen Euro zur Verfügung gestellt werden. Der Themenschwerpunkt liegt auf der maßgeschneiderten Synthese von Energiematerialien mit Bezug zu solaren Brennstoffen, Solarzellen, Brennstoffzellen, Batteriesystemen sowie thermoelektrischen und thermochemischen Materialien. Ein weiteres übergreifendes Thema sind neuartige Katalysatoren, die bei der Energieumwandlung und -speicherung eingesetzt werden. Die neue Forschungsinfrastruktur wird auch externen Nutzergruppen aus Universitäten und außeruniversitären Instituten aus dem In- und Ausland sowie der Industrie zur Verfügung stehen.

3 Am Forschungsbereich Energie der HGF sind beteiligt: Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Forschungszentrum Jülich (FZJ), Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie (HZB), Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf (HZDR), Helmholtz-Zentrum Potsdam, Deutsches GeoForschungsZentrum (GFZ), Max-Planck-Institut für Plasmaphysik (IPP), Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung (UFZ).



Am Helmholtz-Zentrum Berlin und der École Polytechnique Fédérale de Lausanne, Schweiz, ist es erstmals gelungen, eine **Silizium-Hetero-Solarzelle** mit einer Perowskit-Solarzelle monolithisch – in einem Block – zu kombinieren. Die hybride Tandemzelle erreichte einen Wirkungsgrad von 18 Prozent. Das ist derzeit der höchste publizierte Wert für einen solchen Aufbau. Perspektivisch könnten sogar Wirkungsgrade von bis zu 30 Prozent möglich sein.

Ein Höhepunkt in der Fusionsforschung war die Fertigstellung der weltweit größten Fusionsanlage vom Typ Stellarator **Wendelstein 7-X** am Max-Planck-Institut für Plasmaphysik (IPP) in Greifswald. Nach der schrittweisen Prüfung aller technischen Systeme konnte das erste Heliumplasma am 10. Dezember 2015 erzeugt werden. Die Investitionskosten für Wendelstein 7-X belaufen sich auf 370 Millionen Euro und die Gesamtkosten des für den Bau gegründeten Instituts in Greifswald auf rund 1,1 Milliarden Euro. Die Finanzierung erfolgte gemeinsam durch den Bund, die EU und das Land Mecklenburg-Vorpommern.

4. Weitere Förderaktivitäten

4.1 Forschungsförderung der Bundesländer

Die Energieforschungsförderung der Bundesländer ist ein wesentlicher Bestandteil der gesamtstaatlichen Forschungsförderung. In einer jährlichen Abfrage werden Zahlen zur Projektförderung und institutionellen Förderung der Länder auf dem Gebiet der nichtnuklearen Energieforschung erhoben. Im Jahr 2014 summieren sich die Aufwendungen auf über 256 Millionen Euro.

Im gleichen Jahr hatte der Bund 604 Millionen Euro in den Bereichen Energieeffizienz und Erneuerbare Energien gefördert. Der Anteil der Länder an der gesamtstaatlichen Förderung nichtnuklearer Energieforschung ist damit 2014 auf knapp 30 Prozent leicht zurückgegangen. Im Jahr zuvor lag er noch bei 34 Prozent. Dennoch wird deutlich, dass die Länder mit den Forschungsaufwendungen zum Thema Energie eine tragende Säule der Energiewende übernommen und weiter gefestigt haben.

Die regenerativen Energien bilden mit ausgezahlten Mitteln von rund 139 Millionen Euro den übergreifenden Förderschwerpunkt der Bundesländer, der auf dem Niveau der Vorjahre fortgesetzt wurde. Bei einzeltechnologischer Differenzierung nimmt die Windenergie mit 27,3 Millionen Euro dabei den höchsten Stellenwert ein und wird aufgrund geographischer Gegebenheiten in Niedersachsen (14,5 Millionen Euro) und Mecklenburg-Vorpommern (5,2 Millionen Euro) am intensivsten gefördert. Die Aufwände für die Photovoltaik belaufen sich auf 21,3 Millionen Euro, allen voran Baden-Württemberg (6,9 Millionen Euro), Bayern (5,2 Millionen Euro), Niedersachsen (3,6 Millionen Euro) und Berlin (3,4 Millionen Euro) nehmen sich dieses Themenfeldes an. Die Biomasseforschung (20,6 Millionen Euro) erfährt vor allem in den Bundesländern Bayern (11 Millionen Euro) und Nordrhein-Westfalen (3,2 Millionen Euro) finanzielle Unterstützung. Da die Technologieförderung im Bereich Geothermie (8,1 Millionen Euro) entsprechende geologische Voraussetzungen bedingt, beschränkt sich deren Förderung im Wesentlichen auf das Bundesland Niedersachsen (6,3 Millionen Euro).

Die Aufwendungen für die Forschung zur Energieeffizienz inklusive der Elektromobilität lagen bei rund 118 Millionen Euro und sind gegenüber dem Vorjahr (173 Millionen Euro) deutlich zurückgegangen. Schwerpunkte liegen vor allem in Bayern, Nordrhein-Westfalen und Baden-Württemberg.

Differenziert man diesen Bereich weiter, so wird deutlich, dass der Rückgang wesentlich darauf zurückzuführen ist, dass der Anteil des Förderthemas Elektromobilität mit 22,5 Millionen Euro die Rekordwerte des Vorjahres (54 Millionen Euro) nicht wieder erreichen konnte. Entsprechend den Entwicklungsstandorten der Fahrzeugindustrie liegen die größten Anteile weiterhin erwartungsgemäß in Bayern (8,3 Millionen Euro) und Baden-Württemberg (10,3 Millionen Euro). Die Schlüsseltechnologien Energiespeicher und Netztechnologien werden dagegen in den Ländern auf gleichbleibend hohem Niveau fortgeführt.

Abbildung 22: Aufwendungen der Bundesländer für die nichtnukleare Energieforschung 2008 – 2014
(Daten siehe Tabelle 9)

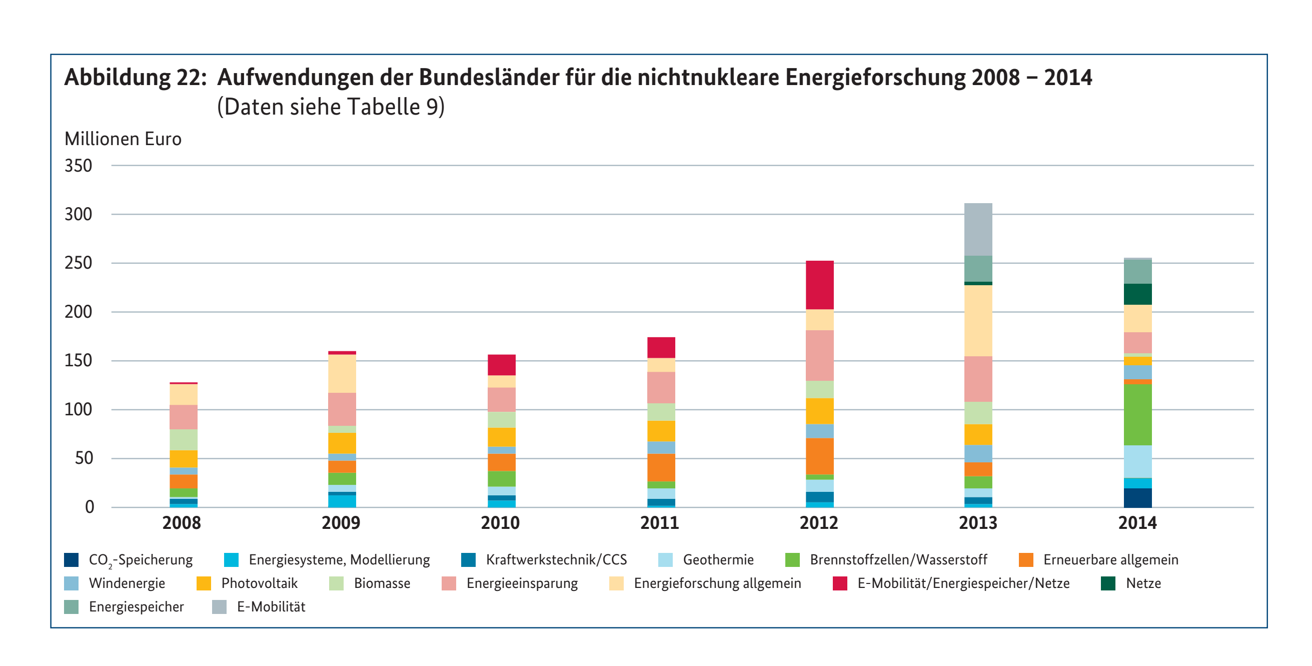
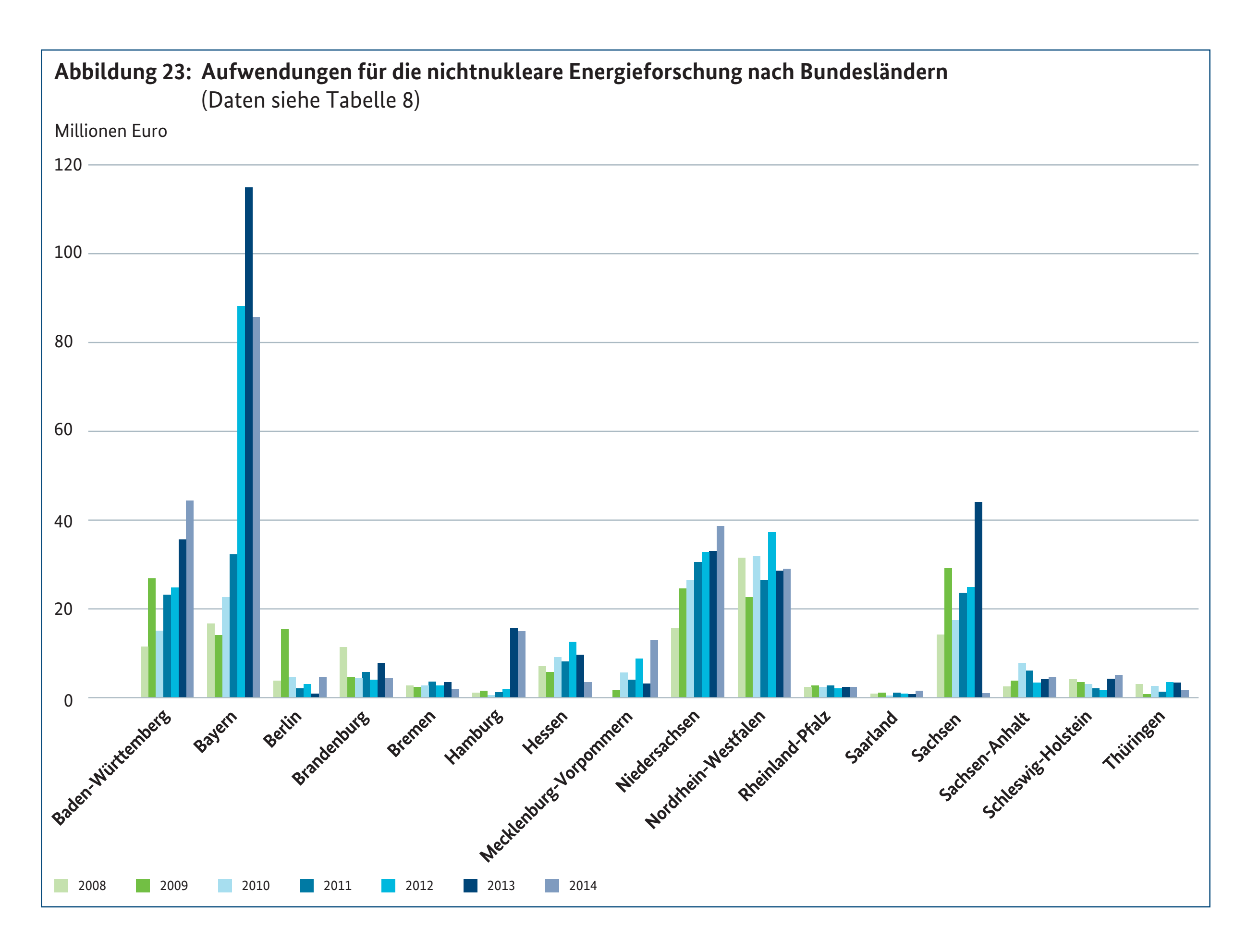


Abbildung 23: Aufwendungen für die nichtnukleare Energieforschung nach Bundesländern
(Daten siehe Tabelle 8)



Der ausführliche Bericht „Förderung der nichtnuklearen Energieforschung durch die Bundesländer im Jahre 2014“ kann unter www.ptj.de/geschaeftsfelder/energie/laenderbericht-energie abgerufen werden.

4.2 Forschungsrahmenprogramm der Europäischen Union

4.2.1 Horizon 2020 – Rahmenprogramm für Forschung und Innovation

Seit Beginn des Jahres 2014 gilt für die europäische Forschungsförderung das EU-Rahmenprogramm für Forschung und Innovation mit dem Namen „Horizon 2020“. Horizon 2020 führt die Aktivitäten im Bereich von Forschung, Entwicklung und Demonstration aus dem 7. EU-Forschungsrahmenprogramm mit den innovationsrelevanten Teilen aus dem bisherigen Rahmenprogramm für Innovation und Wettbewerbsfähigkeit (CIP) in einem gemeinsamen Rahmenprogramm zusammen. Hierfür ist ein Fördermittelrahmen von rund 80 Milliarden Euro für die siebenjährige Laufzeit bis zum Jahr 2020 verabschiedet worden.

Das Programm weist drei Schwerpunkte auf: „Wissenschaftsexzellenz“, „Führende Rolle in der Industrie“ und „Gesellschaftliche Herausforderungen“. Die nichtnukleare Energieforschung steht unter der Überschrift „Sichere, saubere und effiziente Energie“ und ist dem Schwerpunkt „Gesellschaftliche Herausforderungen“ zugeordnet. Die EU-Förderung umfasst Forschung, Entwicklung und Innovation sowie flankierende, marktvorbereitende Maßnahmen für Verfahren, Produkte und Dienstleistungen. Im Fokus stehen Projekte, welche zur europäischen Energie- und Klimapolitik beitragen und so die Abhängigkeit von fossilen Energiequellen zu wirtschaftlich darstellbaren Konditionen reduzieren helfen. Für dieses Themenfeld werden Fördermittel im Umfang von 5,9 Milliarden Euro für den Zeitraum von 2014 bis 2020 bereitgestellt.

Um den Wandel zu einem neuen und wettbewerbsfähigen Energiesystem zu vollziehen, sind im Programm sieben spezifische Ziele und Forschungsfelder im Energiebereich genannt:

1. Reduzierung des Energieverbrauchs durch nachhaltige und effiziente Nutzung bei Konsumenten und Produzenten

2. Weiterentwicklung der Stromversorgung durch erneuerbare Energien inklusive Heizen/Kühlen

3. Flexibilisierung des Energiesystems durch verbesserte Speichertechnologien

4. Alternative Brennstoffe

5. Dekarbonisierung bei der Nutzung fossiler Brennstoffe

6. Ein modernes paneuropäisches Elektrizitätsnetz

7. Energie-, Verkehrs- und Kommunikationslösungen für intelligente Städte und Kommunen

Wichtig für die strategische Ausrichtung sind die Arbeiten zum Europäischen Strategieplan für Energietechnologien (SET-Plan), in dem ein integrierter Ansatz für die Förderung auf der Basis einer transnationalen Harmonisierung nationaler Förderprogramme verfolgt wird.

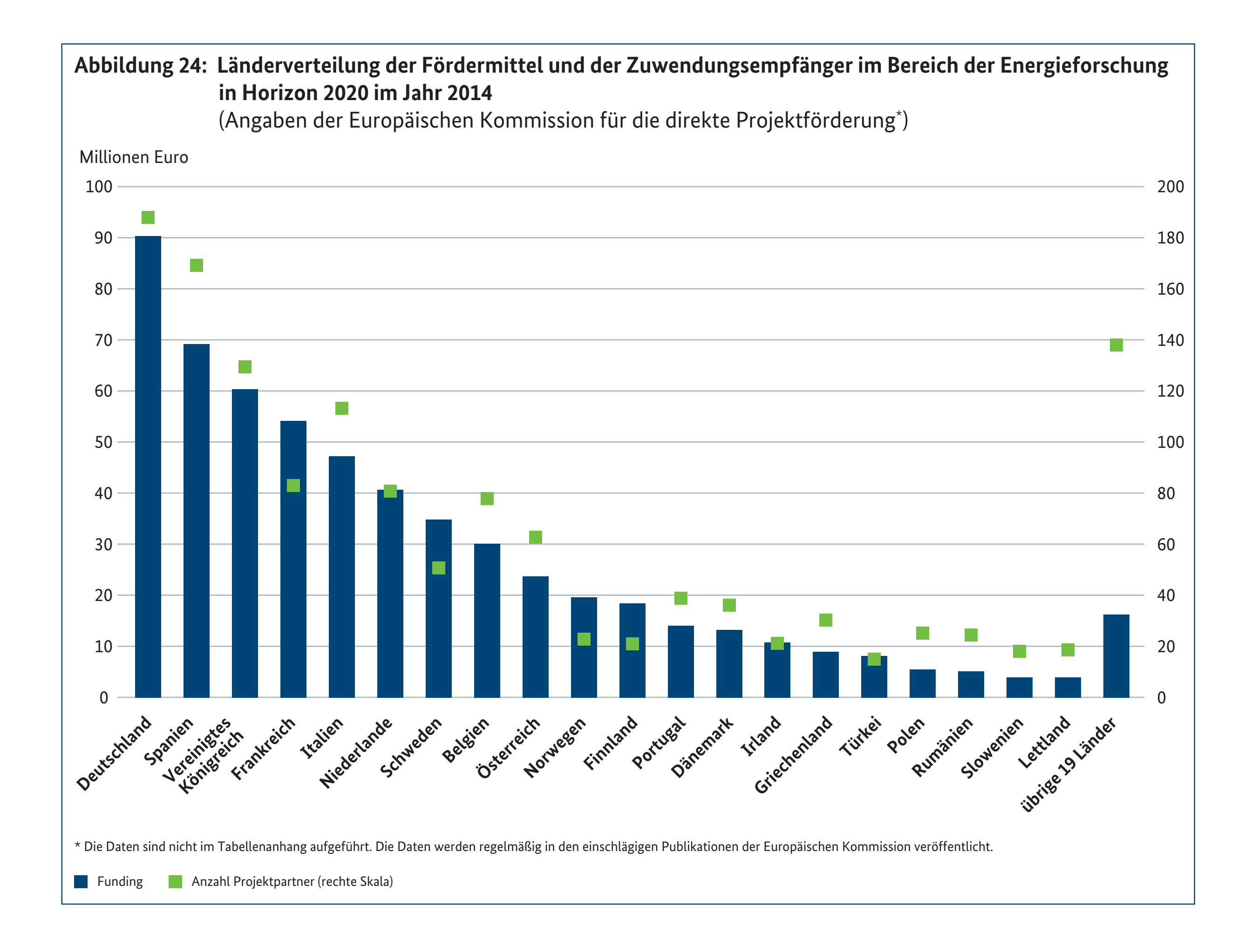
Die ersten Arbeitsprogramme von Horizon 2020 für das Themenfeld „Sichere, saubere und effiziente Energie“ greifen die Schwerpunktbereiche „Energieeffizienz“, „Kohlenstoffarme Energieversorgung“ und „Intelligente Städte und Gemeinschaften“ auf. Die Beratung zu den Fördermöglichkeiten in der Energieforschung innerhalb von Horizon 2020 erfolgt in Deutschland über die Nationale Kontaktstelle Energie (NKS-E) im Auftrag des BMWi.

4.2.2 Arbeitsprogramm 2014 in Horizon 2020 – Energie

Ziel und Umfang der EU-Forschungsförderung

Die mehrjährigen Rahmenprogramme für Forschung und technologische Entwicklung der Europäischen Kommission, die seit 1984 regelmäßig aufgelegt werden, gehören zu den wichtigsten Instrumenten, die zur Verwirklichung des europäischen Forschungsraumes beigetragen haben.

Abbildung 24: Länderverteilung der Fördermittel und der Zuwendungsempfänger im Bereich der Energieforschung in Horizon 2020 im Jahr 2014
(Angaben der Europäischen Kommission für die direkte Projektförderung*)



* Die Daten sind nicht im Tabellenanhang aufgeführt. Die Daten werden regelmäßig in den einschlägigen Publikationen der Europäischen Kommission veröffentlicht.

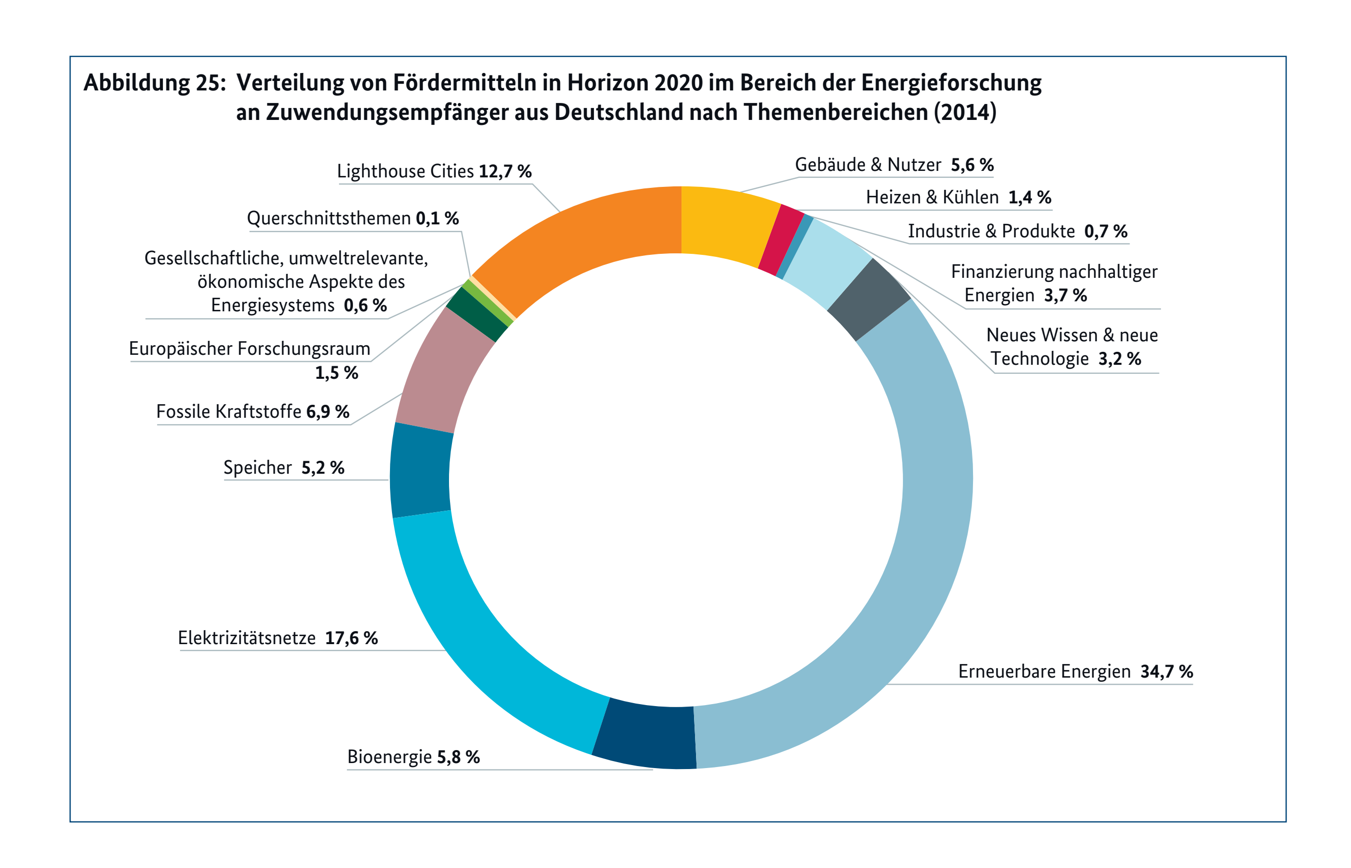


Abbildung 25: Verteilung von Fördermitteln in Horizon 2020 im Bereich der Energieforschung an Zuwendungsempfänger aus Deutschland nach Themenbereichen (2014)

Die Förderung der europäischen Energieforschung verfolgt das Ziel, ein harmonisiertes europäisches Energiesystem zu schaffen, welches nachhaltig und wettbewerbsfähig ist und gleichzeitig eine sichere Energieversorgung gewährleistet. Der SET-Plan ergänzt dieses Vorhaben, indem er den beschleunigten Ausbau und die Verbreitung kostengünstiger und kohlenstoffemissionsarmer Technologien in den Vordergrund stellt.

Im Themenbereich „Sichere, saubere und effiziente Energie“ unter Horizon 2020 wurden durch die Europäische Kommission circa 580 Millionen Euro für Projekte aus den Aufrufen 2014 bewilligt.

Erfolgreiche Beteiligung deutscher Antragsteller im Energiebereich

Aus Deutschland haben sich im betrachteten Zeitraum 188 Zuwendungsempfänger (siehe Abbildung 24) erfolgreich an den Aufrufen zum Thema Energie beteiligt. Somit sind 20 Prozent aller Antragsteller aus Deutschland. An diese flossen etwa 16 Prozent der Fördermittel. Die Bundesrepublik nimmt damit die Spitzenposition ein, gefolgt von Spanien (12 Prozent), dem Vereinigten Königreich (10 Prozent) und Frankreich (9 Prozent).

Zuwendungsempfänger aus Deutschland sind an 71 Prozent aller bewilligten Projekte mit mindestens einem Partner beteiligt und koordinieren etwa 18 Prozent aller Vorhaben.

Etwa 43 Prozent der Zuwendungsempfänger aus Deutschland stammen aus Forschungsinstituten und Hochschulen. Ebenfalls 43 Prozent kommen aus privaten Unternehmen. Die übrigen 14 Prozent der Zuwendungsempfänger verteilen sich auf öffentliche und sonstige Einrichtungen.

Schwerpunkte der Energieforschung

In Abbildung 25 ist die Verteilung von Fördermitteln an Zuwendungsempfänger aus Deutschland nach den unterschiedlichen Energiethemen im ersten Jahr der Laufzeit von Horizon 2020 dargestellt. Die Zahlen zeigen einen deutlichen Fokus auf Themen aus dem Bereich der erneuerbaren Energien inklusive der Bioenergie. Die Förderthemen Wasserstoff und Brennstoffzellen sind in der Abbildung nicht aufgeführt, da sie innerhalb der „Gemeinsamen Technologieinitiative für Brennstoffzellen und Wasserstoff“ – einer öffentlich-privaten Partnerschaft (ÖPP) – gefördert wurden. Darüber hinaus gibt es weitere energierelevante Förderthemen, die in anderen Bereichen von Horizon 2020 gefördert wurden. Das betrifft beispielsweise den Gebäudesektor, die Materialforschung oder Produktionstechnologien.

5. Tabellen

5.1 Fördermittel für Energieforschung der Bundesregierung

Die folgenden Tabellen für die Bundesförderung stellen die in den jeweiligen Haushaltsjahren für die einzelnen Förderbereiche abgeflossenen Mittel dar. Die Daten wurden im Januar 2016 erhoben.

Zusätzlich werden für das Berichtsjahr 2015 die Anzahl der laufenden (inkl. der noch nicht abgeschlossenen) Projekte und der neu bewilligten Projekte dargestellt sowie die dadurch festgelegte Fördersumme, die sich während der typischerweise mehrjährigen Projektlaufzeit auf die Folgejahre verteilt.

Tabelle 1: Übersicht der Themen im 6. Energieforschungsprogramm des Bundes

Förderthema	Mittelabfluss in Mio. Euro									
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Energieeffizienz	110,34	133,95	151,55	189,31	206,13	215,14	239,06	296,64	300,80	317,26
Erneuerbare Energien	120,23	126,47	152,86	202,01	210,61	221,91	258,85	298,10	303,30	323,33
Nukleare Sicherheit und Entsorgung	54,33	57,58	62,59	70,41	71,93	73,03	74,74	75,62	76,95	82,92
Fusion	114,41	121,52	125,58	142,65	131,03	137,44	133,10	138,72	138,14	139,22
Insgesamt	**399,31**	**439,52**	**492,58**	**604,37**	**619,71**	**647,52**	**705,75**	**809,09**	**819,20**	**862,73**

Tabelle 2: Mittelabfluss der Projektförderung im Bereich Energieumwandlung

Förderthema	Mittelabfluss in Mio. Euro				Anzahl Projekte		Fördersumme in Mio. Euro
	2012	2013	2014	2015	laufend in 2015	neu bewilligt in 2015	neu bewilligt in 2015
Photovoltaik (inkl. andere Programme)	**67,08** (85,69)	**63,59** (81,16)	**58,34** (64,92)	**71,26** (73,60)	**321**	**99**	**80,59**
Kristallines Silizium	30,40	30,51	26,72	36,74	148	69	49,14
Dünnschichttechnologien	15,33	12,69	11,31	10,45	63	11	8,00
Grundlagenforschung (inkl. andere Programme)	15,62 (34,23)	14,87 (32,44)	15,00 (21,59)	11,59 (13,93)	60	2	2,15
Sonstige	5,73	5,53	5,31	12,47	50	17	21,30
Windenergie	**38,42**	**52,57**	**53,06**	**53,04**	**284**	**103**	**85,39**
Anlagenentwicklung	2,62	15,07	21,93	25,26	88	33	28,22
Onshore	0,62	0,51	0,50	1,29	5	5	9,11
Offshore	3,34	12,23	12,72	7,98	48	15	14,02
Windphysik und Meteorologie	0,12	1,73	2,33	3,62	20	12	6,80
Logistik, Anlageninstallation, Instandhaltung und Betriebsführung	23,00	12,88	8,39	6,39	70	25	10,68
Umweltaspekte der Windenergie und Ökologische Begleitforschung	1,43	2,33	2,64	2,46	21	6	2,91
Sonstige	7,29	7,82	4,54	6,04	32	7	13,65

→

Tabelle 2: Mittelabfluss der Projektförderung im Bereich Energieumwandlung

Förderthema	Mittelabfluss in Mio. Euro				Anzahl Projekte		Fördersumme in Mio. Euro
	2012	2013	2014	2015	laufend in 2015	neu bewilligt in 2015	neu bewilligt in 2015
Bioenergie (inkl. andere Programme)	**33,51** (41,23)	**36,70** (42,78)	**37,94** (39,08)	**37,40** (39,22)	**484**	**130**	**30,60**
Erzeugung – Anbau	6,91	6,31	5,98	4,31	70	28	6,42
Erzeugung – Züchtung	4,43	5,25	4,77	4,94	80	10	5,06
Konversion – Biogas	4,61	4,87	5,27	7,34	132	46	11,22
Konversion – Biokraftstoffe	4,11	6,12	6,19	5,92	60	10	3,04
Konversion – Feste Biomasse	2,78	0,94	0,73	1,92	33	19	2,46
Querschnitt – Umweltwirkungen	1,03	1,33	1,26	1,19	12	-	-
Querschnitt – Internationales	0,01	0,02	0,05	0,09	2	-	-
Querschnitt – Ökonomie	-	-	0,06	0,12	1	-	-
Grundlagenforschung (inkl. andere Programme)	8,81 (16,53)	9,99 (16,06)	12,16 (13,30)	9,89 (11,72)	63	-	-
Sonstige	0,83	1,87	1,48	1,69	31	17	2,40
Tiefe Geothermie	**20,82**	**17,10**	**15,55**	**13,38**	**94**	**21**	**17,33**
Prospektion und Exploration	8,39	7,28	9,13	9,12	63	8	6,84
Warmwasser- und Dampflagerstätten	4,36	4,97	3,03	2,59	10	4	5,57
Hot-Dry-Rock	3,69	0,91	0,33	0,45	9	9	4,92
Sonstige	4,37	3,94	3,05	1,22	12	-	-
Kraftwerkstechnik und CCS-Technologien (inkl. andere Programme)	**27,54** (28,58)	**31,62** (35,09)	**29,60** (30,96)	**28,20** (28,20)	**277**	**108**	**53,97**
Fortgeschrittene Kraftwerkssysteme	10,76	7,45	6,36	2,41	36	26	11,02
Komponentenentwicklung	9,18	16,52	18,19	19,19	220	67	23,22
Kohlevergasung	2,39	1,54	1,46	2,80	7	7	15,19
Grundlagenforschung (inkl. andere Programme)	4,54 (5,58)	3,79 (7,27)	2,86 (4,22)	1,97 (-)	-	-	-
Sonstige	0,68	2,32	0,74	1,82	14	8	4,54
Brennstoffzellen und Wasserstoff	**19,47**	**24,88**	**27,16**	**22,32**	**140**	**58**	**35,41**
NT-PEMFC	6,15	6,68	9,92	6,43	43	11	4,66
HT-PEMFC	1,30	1,75	1,21	1,01	11	4	2,60
MCFC	0,55	0,14	0,30	1,64	2	-	-
SOFC	7,40	11,10	7,84	6,53	28	8	6,50
DMFC	0,56	0,34	0,06	-	-	-	-
Wasserstoffspeicher	1,98	3,16	2,25	2,36	11	-	-
Wasserstofferzeugung	0,83	0,63	0,30	0,59	9	14	8,00
Grundlagenforschung	0,71	1,08	3,04	2,10	21	16	10,06
Sonstige	-	-	2,23	1,67	15	5	3,58

→

Tabelle 2: Mittelabfluss der Projektförderung im Bereich Energieumwandlung

Förderthema	Mittelabfluss in Mio. Euro				Anzahl Projekte		Fördersumme in Mio. Euro
	2012	2013	2014	2015	laufend in 2015	neu bewilligt in 2015	neu bewilligt in 2015
Solarthermische Kraftwerke	**7,45**	**8,41**	**9,25**	**10,09**	**75**	**16**	**3,76**
Parabol	3,67	2,25	1,84	0,74	22	16	3,76
Turm	2,01	2,50	3,59	4,23	28	-	-
Fresnel	0,68	0,63	0,82	-	-	-	-
Speicher	0,30	1,79	1,41	1,85	6	-	-
Sonstige	0,78	1,24	1,59	3,28	19	-	-
Wasserkraft und Meeresenergie	**0,98**	**1,25**	**1,21**	**1,68**	**19**	**5**	**2,33**
Gesamt (inkl. andere Programme)	**215,26** (242,63)	**236,12** (263,24)	**232,11** (241,19)	**237,36** (241,53)	**1.694**	**540**	**309,38**

Tabelle 3: Mittelabfluss der Projektförderung im Bereich Energieverteilung und Energienutzung

Förderthema	Mittelabfluss in Mio. Euro				Anzahl Projekte		Fördersumme in Mio. Euro
	2012	2013	2014	2015	laufend in 2015	neu bewilligt in 2015	neu bewilligt in 2015
Energiespeicher (inkl. andere Programme)	**31,02** (38,90)	**59,30** (61,46)	**56,99** (57,26)	**61,59** (61,76)	**373**	**83**	**60,32**
Elektrochemische Speicher	14,48	23,87	19,86	18,41	104	35	26,83
Hochtemperaturspeicher	0,47	0,47	1,52	3,51	20	4	2,20
Mechanische Speicher	1,19	3,26	1,53	1,97	11	1	0,86
Elektrische Speicher	0,74	0,28	0,05	2,48	34	16	7,58
Niedertemperaturspeicher	1,53	3,37	5,13	5,14	44	2	0,84
Grundlagenforschung (inkl. andere Programme)	10,20 (18,08)	19,37 (21,53)	17,21 (17,48)	15,61 (15,77)	87	-	-
Sonstige	2,41	8,67	11,70	14,48	73	25	22,02
Netze	**16,74**	**30,95**	**34,88**	**52,85**	**456**	**138**	**70,43**
Komponenten	1,93	10,15	12,12	13,60	86	11	11,51
Netzplanung	0,78	2,51	3,24	4,00	35	-	-
Betriebsführung	9,74	12,62	10,40	18,72	156	24	15,49
Systemstudien	0,06	1,68	3,60	2,94	23	-	-
Grundlagenforschung	3,06	0,49	1,26	9,46	70	44	22,75
Sonstige	1,17	3,50	4,26	4,12	86	59	20,69
Energieeffizienz in Gebäuden und Städten (inkl. andere Programme)	**45,81** (47,74)	**56,76** (58,94)	**60,55** (63,53)	**54,86** (54,86)	**497**	**153**	**67,29**
EnOB – Energieoptimiertes Bauen	19,65	25,50	30,95	30,86	258	74	32,35
EnEff:Stadt – Versorgungskonzepte	7,85	9,69	9,28	9,06	87	44	20,25
EnEff:Stadt – Fernwärme	2,50	3,53	3,75	2,87	35	12	4,43
EnEff:Stadt – Kraft-Wärme-Kopplung	2,93	4,61	2,65	1,39	17	3	0,79
Niedertemperatur-Solarthermie	4,90	6,47	6,36	5,54	71	20	9,48

→

Tabelle 3: Mittelabfluss der Projektförderung im Bereich Energieverteilung und Energienutzung

Förderthema	Mittelabfluss in Mio. Euro				Anzahl Projekte		Fördersumme in Mio. Euro
	2012	2013	2014	2015	laufend in 2015	neu bewilligt in 2015	neu bewilligt in 2015
Solare Kälte	1,73	1,21	1,02	0,48	9	-	-
Grundlagenforschung	3,63	4,49	5,36	4,65	20	-	-
Forschungsinitiative Zukunft Bau des BMUB (anderes Programm)	(1,93)	(2,18)	(2,98)				
Sonstige	2,62	1,25	1,19	-	-	-	-
Energieeffizienz in Industrie, Gewerbe, Handel und bei Dienstleistungen	**30,01**	**36,38**	**34,70**	**34,85**	**340**	**115**	**58,48**
Maschinen-, Fahrzeugbau, Elektrotechnik, Feinmechanik, Optik, EBM-Waren	10,90	14,97	16,07	14,30	95	30	14,78
Eisen- und Stahlindustrie	2,42	1,54	0,69	0,67	16	3	0,67
Gewinnung und Verarbeitung von Steinen und Erden, Feinkeramik, Glasgewerbe	2,05	2,41	1,45	0,54	7	5	2,34
Wärmepumpen, Kältemittel	1,28	2,99	2,58	3,02	24	11	11,14
Industrieöfen	1,19	0,83	0,67	0,99	20	9	5,14
Mechanische und thermische Trennverfahren	0,39	1,57	1,79	2,23	22	9	2,13
Chemische Industrie, Herstellung von Kunststoff- und Gummiwaren	1,52	2,79	4,05	4,81	58	12	7,01
NE-Metallindustrie	0,44	0,56	0,72	0,79	16	6	2,44
Wärmetauscher	2,11	1,82	1,13	1,61	14	4	2,49
Solare Prozesswärme	0,35	0,25	0,10	0,10	1	-	-
Grundlagenforschung	-	-	1,76	0,79	1	-	-
Sonstige	7,35	6,64	3,68	5,01	66	26	10,33
Gesamt (inkl. andere Programme)	**123,57** (133,38)	**183,39** (187,72)	**187,11** (190,36)	**204,14** (204,31)	**1.666**	**489**	**256,52**

Tabelle 4: Mittelabfluss in der systemorientierten Projektförderung einschließlich Querschnittsthemen

Förderthema	Mittelabfluss in Mio. Euro				Anzahl Projekte		Fördersumme in Mio. Euro
	2012	2013	2014	2015	laufend in 2015	neu bewilligt in 2015	neu bewilligt in 2015
Querschnittsthemen und Systemanalyse	**8,60**	**11,70**	**10,82**	**11,46**	**102**	**27**	**11,17**
Systemanalyse	1,57	2,38	3,03	3,75	55	26	11,07
Informationsverbreitung	2,49	3,27	3,33	4,09	10	-	-
Querschnittsthemen	4,10	5,38	4,13	3,35	35	1	0,10
Sonstige	0,44	0,66	0,33	0,27	2	-	-
Gesamt	**8,60**	**11,70**	**10,82**	**11,46**	**102**	**27**	**11,17**

Tabelle 5: Mittelabfluss in der weiteren Projektförderung BMBF

Förderthema	Mittelabfluss in Mio. Euro				Anzahl Projekte		Fördersumme in Mio. Euro
	2012	2013	2014	2015	laufend in 2015	neu bewilligt in 2015	neu bewilligt in 2015
Sozial-ökologische Forschung (inkl. andere Programme)	**-** -	**1,18** (3,08)	**3,25** (8,58)	**3,95** (11,11)	**35**	**1**	**0,07**
Energiematerialien	**-**	**-**	**0,72**	**10,41**	**108**	**70**	**39,52**
Projektbezogene Fusionsforschung	**2,58**	**6,29**	**5,55**	**7,70**	**9**	**-**	**-**
Sonstige Projektförderung des BMBF (inkl. andere Programme)	**7,11** (7,11)	**2,35** (3,23)	**3,93** (3,93)	**3,23**	**19**	**3**	**2,68**
Gesamt (inkl. andere Programme)	**9,69** (9,69)	**9,82** (12,61)	**13,45** (18,79)	**25,29** (32,46)	**171**	**74**	**42,27**

Tabelle 6: Mittelabfluss der Projektförderung im Bereich Nukleare Sicherheitsforschung

Förderthema	Mittelabfluss in Mio. Euro				Anzahl Projekte		Fördersumme in Mio. Euro
	2012	2013	2014	2015	laufend in 2015	neu bewilligt in 2015	neu bewilligt in 2015
Endlager- und Entsorgungsforschung	**12,30**	**13,23**	**13,58**	**12,95**	**108**	**24**	**13,38**
Endlagerforschung	9,84	10,39	10,25	10,06	81	20	9,60
Querschnittsaufgaben und Sonstige	0,54	0,53	0,53	0,54	3	2	0,58
Kernmaterialüberwachung	0,18	0,15	0,19	0,24	1	0	0
Nachwuchsförderung	1,74	2,17	2,61	2,11	23	2	3,20
Reaktorsicherheitsforschung	**24,38**	**23,43**	**25,10**	**25,22**	**159**	**50**	**27,01**
Sicherheit von Komponenten kern-technischer Anlagen	5,28	4,01	4,38	4,55	37	11	4,03
Anlagenverhalten und Unfallabläufe	11,25	12,09	12,51	13,22	71	27	16,17
Querschnittsaufgaben und Sonstige	5,08	5,72	4,81	4,05	23	8	4,55
Nachwuchsförderung	2,77	1,62	3,39	3,39	28	4	2,27
Strahlenforschung – Nachwuchsförderung	**4,91**	**4,95**	**4,61**	**7,58**	**60**	**11**	**8,19**
Gesamt	**41,59**	**41,61**	**43,29**	**45,74**	**327**	**85**	**48,58**

Tabelle 7: Mittelabfluss in der Institutionellen Energieforschung

Förderthema	Mittelabfluss in Mio. Euro			
	2012	2013	2014	2015
Rationelle Energieumwandlung und -nutzung	67,34	70,34	72,09	75,08
Erneuerbare Energien	50,75	53,74	0,06	52,46
Nukleare Sicherheitsforschung	31,64	32,22	32,26	35,76
Kernfusion inklusive Wendelstein 7-X	130,52	132,43	132,59	131,52
Technologie, Innovation und Gesellschaft	9,92	10,05	9,95	7,75
Insgesamt	**290,17**	**298,78**	**246,95**	**302,57**

5.2 Fördermittel für Energieforschung der Bundesländer

Die Angaben beruhen auf der Meldung der Länder aus einer regelmäßig im Auftrag des BMWi durchgeführten Abfrage. Bei Mitteln aus dem Europäischen Fonds für Regionale Entwicklung (EFRE) wird nur der Eigenanteil der Länder berücksichtigt. Zahlen für 2015 liegen noch nicht vor.

Tabelle 8: Aufwendungen der Bundesländer für nichtnukleare Energieforschung

Bundesland	Mittelabfluss in Mio. Euro						
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Baden-Württemberg	11,54	26,83	15,10	23,12	24,77	35,55	44,37
Bayern	16,67	14,14	22,64	32,28	88,13	114,82	85,61
Berlin	3,87	15,53	4,73	2,10	3,03	0,88	4,70
Brandenburg	11,34	4,65	4,37	5,81	4,03	7,86	4,40
Bremen	2,71	2,42	2,78	3,61	2,71	3,46	1,99
Hamburg	1,15	1,56	0,61	1,27	2,01	15,76	14,91
Hessen	7,02	5,77	9,10	8,12	12,57	9,63	3,48
Mecklenburg-Vorpommern	-	1,64	5,68	3,99	8,76	3,22	13,02
Niedersachsen	15,74	24,60	26,36	30,53	32,82	33,00	38,57
Nordrhein-Westfalen	31,52	22,68	31,80	26,55	37,27	28,52	28,99
Rheinland-Pfalz	2,43	2,76	2,40	2,79	2,10	2,43	2,37
Saarland	0,95	1,17	0,51	1,12	0,87	0,75	1,56
Sachsen	14,18	29,26	17,42	23,60	24,88	44,06	1,01
Sachsen-Anhalt	2,51	3,83	7,81	6,04	3,43	4,11	4,62
Schleswig-Holstein	4,12	3,54	3,10	2,08	1,83	4,28	5,15
Thüringen	3,10	0,78	2,68	1,36	3,55	3,40	1,81
Insgesamt	**128,87**	**161,14**	**157,11**	**174,39**	**252,78**	**311,74**	**256,56**

Tabelle 9: Aufwendungen der Bundesländer für nichtnukleare Energieforschung nach Themen

Thema	Mittelabfluss in Mio. Euro						
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Biomasse	21,48	7,79	15,90	18,73	18,71	22,44	20,56
Brennstoffzellen/Wasserstoff	9,47	10,86	15,14	8,11	5,40	12,29	9,82
CO_2-Speicherung	-	0,11	0,24	0,07	0,21	-	0,02
Energieeinsparung	24,86	32,19	23,74	31,66	51,35	45,58	34,73
Energieforschung allgemein	22,21	40,20	12,97	14,96	21,01	72,81	61,73
Energiesysteme, Modellierung	4,48	12,02	7,87	2,46	5,37	4,53	4,33
Erneuerbare allg.	14,45	13,38	18,09	28,28	35,83	13,50	15,34
Geothermie	1,27	8,41	8,86	11,27	12,52	8,43	8,09
Kraftwerkstechnik/CCS	5,09	3,87	4,84	6,09	11,35	7,12	4,25
Photovoltaik	18,12	22,17	19,62	20,84	26,95	21,85	21,31
Windenergie	5,89	6,12	8,26	11,61	14,48	18,60	27,29
E-Mobilität/Stromspeicher/Netze	1,55	4,02	21,58	20,31	49,61		
E-Mobilität						54,19	22,54
Energiespeicher						25,84	24,16
Netze						4,58	2,40
Insgesamt	**128,87**	**161,14**	**157,11**	**174,39**	**252,78**	**311,74**	**256,56**



Satz: Satzweiss.com Print, Web, Software GmbH, Mainzer Straße 116, 66121 Saarbrücken, www.satzweiss.com
Druck: Printsystem GmbH, Schafwäsche 1-3, 71296 Heimsheim, www.printsystem.de
Vertrieb: Bundesanzeiger Verlag GmbH, Postfach 10 05 34, 50445 Köln, Telefon (02 21) 97 66 83 40, Fax (02 21) 97 66 83 44, www.betrifft-gesetze.de
ISSN 0722-8333